ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 MARS 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Magnus de Sparre**, Correspondant pour la Section de Mécanique.

Notice nécrologique sur M. de Sparre, par M. **Léon Lecornu**.

Encore un deuil pour notre Académie. Comme vient de l'annoncer M. le Président, nous venons de perdre M. Magnus de Sparre, qui était depuis 1913 Correspondant pour la Section de Mécanique. Né en 1849, il était entré en 1868 à l'École Polytechnique. Parvenu au grade de capitaine d'artillerie, il avait démissionné pour se consacrer à l'enseignement. Docteur ès sciences mathématiques, il a longtemps professé à la Faculté des Sciences de l'Université catholique de Lyon, et il était devenu doyen de cette Faculté. L'Académie l'avait inscrit en 1918 sur la liste des candidats proposés pour une place de membre non résidant.

Doué d'un grand talent d'analyste, il n'abordait aucune question sans s'imposer la tâche de l'approfondir dans ses moindres détails, et souvent il rectifiait ainsi des erreurs commises par ses devanciers. Il démontra, par exemple, au sujet de la dynamique des corps solides, que la courbe appelée par Poinsot erpoloïde ne possède pas de points d'inflexion. Il a aussi perfectionné la théorie du pendule conique et celle du pendule de Foucault.

Les principaux travaux de M. de Sparre se rapportent à la balistique extérieure et à la propagation des coups de bélier dans les conduites d'eau.

La balistique extérieure constitue l'une des plus remarquables mais aussi

des plus difficiles applications de la mécanique. Il s'agit de déterminer le mouvement d'un projectile oblong, animé, à peu près autour de son axe, d'une grande vitesse de rotation, et sollicité à la fois par la pesanteur, par la force apparente provenant de la rotation de la Terre, enfin par la résistance de l'air. Ce problème a fait l'objet d'innombrables recherches, parmi lesquelles celles de M. de Sparre tiennent une place fort importante. Dès 1875, alors qu'il n'était encore âgé que de 26 ans, un spécialiste, le général russe Mayevski, écrivait : « Les recherches de M. le comte de Sparre ont incontestablement avancé de beaucoup la question balistique des projectiles oblongs. » Après la guerre mondiale, le bombardement de Paris par les Berthas a conduit M. de Sparre à rechercher ce qui se passe quand le projectile atteint les grandes altitudes où la pression atmosphérique est très réduite, et il a montré que les lois balistiques sont alors complètement modifiées.

En ce qui concerne les coups de bélier, qui intéressent à un haut degré l'industrie de la houille blanche, la contribution de M. de Sparre n'a pas été moins notable, et les prévisions de ses calculs ont été pleinement vérifiées par des expériences ultérieures.

M. de Sparre s'est encore occupé de la théorie des régulateurs, de celle des turbines hydrauliques, etc. Notre regretté confrère Rateau disait un jour, avec sa haute autorité, que M. de Sparre ne s'était jamais trompé, et ce n'était pas là de sa part un mince éloge.

L'Académie adresse à la famille de son éminent Correspondant l'expression de sa vive sympathie.

M. le Président souhaite la bienvenue à M. Nicolas Saltykow, professeur à l'Université de Belgrade, qui assiste à la séance.

M. le Secrétaire perpétuel annonce à l'Académie que le tome 194 (janvier-juin 1932) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. Les phases de son explosion par refroidissement.* Note de M. E. Mathias.

1. Cas des foudres globulaires rouges. — La matière fulminante *pure*, électrisée, suffisamment refroidie, explose nécessairement ; elle est habituellement *rouge sombre*. Voici une observation nette :

« ... Observé le 10 août 1831 quand un très violent orage dévastait *la Barbade*, dans l'archipel des Antilles. Le général W. Reid dit qu'un globe, *de couleur rouge sombre*, tomba verticalement avec un mouvement accéléré ressemblant à celui d'un corps pesant. Au voisinage de la terre, *devenant blanc éblouissant il s'allongea*, et, frappant sur la place Beckwill, s'éparpilla en mille morceaux comme du métal fondu et répandu. » [*Meteorologia Americana* (1).]

Trois phases nécessaires : une lumineuse, *apparition brusque du blanc éblouissant;* une *dilatation* simultanée, sous forme d'*un allongement;* après 1, 2, 3 secondes, l'*explosion*, facilitée ici par le choc contre la terre.

L'explosion est la décomposition progressive, avec une vitesse accélérée, d'une certaine quantité de matière fulminante en un temps très court; elle dégage beaucoup de chaleur en portant au blanc la partie décomposée et produisant une dilatation. Donc, *l'apparition brusque du blanc éblouissant à partir du rouge sombre annonce l'imminence de l'explosion*. Cela explique ce qui suit :

« Au plus fort de l'orage, M. de Poulpiquet avait mis son cheval au pas, lorsqu'il aperçut soudainement une lueur *rouge sombre* affectant la forme d'un demi-globe, qui se tenait comme suspendu au poitrail de l'animal, du côté droit. L'autre partie du globe, tournée vers le côté de la route, l'illuminait, au contraire, d'*une blanche et aveuglante clarté*.

Le cheval s'abattit, se releva, s'abattit deux fois encore, sans que la lueur qui s'attachait à lui disparût un instant. A sa dernière chute le globe éclata, sous la forme d'*un éclair qui s'éloigna un instant puis revint le frapper*. La pauvre bête était mortellement atteinte; elle expira presque aussitôt... Les voyageurs, en rouvrant les yeux que l'éclat de la foudre les avait obligés à fermer, ne virent plus qu'un nuage rougeâtre qui se dissipa peu après.

Un grand chêne qui bordait la route avait été atteint et déchiré dans toute sa hauteur; à ses pieds, la foudre avait creusé un trou transperçant le talus. C'est de là... qu'elle a gagné le milieu du chemin pour y produire les singuliers effets que nous venons de raconter. . . . .

M. de Poulpiquet est sorti sans la moindre blessure de cette aventure; mais une domestique, qui était à ses côtés, s'est ressentie d'une forte douleur au côté gauche. Son garçon, placé derrière lui, s'est senti, à un moment donné, enveloppé par le fluide; il a été renversé de la voiture, et depuis il souffre de la tête avec une forte sensation de brûlure à l'oreille droite. Une

(1) I. GALLI, *Mem. d. Pont. Acc. Rom. d. N. Lincei*, 28, 1910, § 10, p. 22.

odeur persistante de soufre ne l'a pas quitté pendant toute la soirée... » [D'une lettre adressée à l'*Océan* (*La Nature*), 1er semestre 1889, p. 39.]

Les deux moitiés du globe, contemporaines, devraient avoir la couleur rouge sombre; le blanc éblouissant montre que *le globe est dans sa première phase d'explosion*. Celle-ci va être dirigée vers la gauche, côté de l'hémisphère blanc. L'*éclair*, au moment de l'explosion, est la persistance des impressions sur la rétine d'un gros fragment de matière fulminante dirigé vers la gauche d'abord, mais qui, par une particularité de distribution des régions chaudes et froides (relativement), tourne après à angle aigu, *c'est-à-dire en arrière*, tuant alors le cheval, un fragment plus petit frappant au côté gauche la domestique assise devant à la gauche du maître, deux autres fragments passant entre eux pour frapper le garçon à la fois à la tête et à l'oreille droite (1).

2. Cas des foudres habillées, avec vêtement collant. — *Foudres blanches*. — C'est le cas de trois foudres sphériques observées par la famille Heynard au sommet du Puy de Dôme (2) et de la foudre *très blanche et floconneuse* observée au Sappey par M. Lacroix (Dossier *Houllevigue*).

Ici, la pellicule nuageuse collante voile le changement brusque de couleur qui précède l'explosion; on voit seulement la dilatation contemporaine accusée par l'*ovalisation horizontale* du globe, qui précède l'explosion de 1, 2, 3 secondes.

Foudres grises. — C'est le cas de la foudre ovale et très lumineuse, de 50cm de long, vue peut-être à 2 ou 3m par le receveur d'une papeterie parisienne qui, atterré par les éclairs et sa recette faite, retournait vivement de Noisy-le-Sec à Paris en suivant le bord droit de la grand'route.

Tout à coup, tonnerre extrêmement sec; *le receveur voit l'éclair et entend le bruit*, en même temps qu'il voit à sa gauche, un peu en arrière de lui, *une boule de feu très brillante et qui tourbillonne*. D'elle se dégagent *trois bouffées*, trois petits nuages de fumée grisâtre, d'une odeur âcre et suffocante, prenant à la gorge. L'odeur est *celle du soufre* ou mieux de la *poudre*

(1) Le phénomène débuta par la chute d'une *masse bleue* sur le grand chêne bordant la route. Ce globe, *souillé de soufre puisque sa surface émettait la couleur bleue caractéristique*, ayant, dans sa phase excavatrice, évaporé sa couche extérieure sulfureuse, paraissait une matière fulminante *pure*, accusant les couleurs rouge et blanc du corps *noir* qui se refroidit. La persistante odeur, qui n'a pas quitté le garçon blessé pendant toute une soirée, montre qu'il y avait encore du soufre dans les parties profondes de la matière fulminante.

(2) *Ann. de Phys.*, 9e série, 5, 1916, p. 565.

brûlée. La boule de feu à peine aperçue, l'observateur se sent frappé à la jambe gauche, renversé à terre, et s'évanouit ([1]).

Un dessin du professeur Charcot, d'après un croquis fait par le malade, montre que le déplacement horizontal est en sens contraire du dégagement des *bouffées* (appendice caudal intermittent). Ici, grâce au dessin, la nature est prise sur le fait : le globe est un vase à réaction; le vêtement collant est fait d'un mélange de noir de fumée, de vapeur d'eau et de produits sulfurés et âcres montrant que la matière fulminante a absorbé des substances végétales et peut-être des écorces d'arbres en traversant obliquement le rideau d'arbres de la grand'route. Le noir de fumée abondant n'empêchait pas la foudre d'être vivement lumineuse, mais détruisait la sensation de couleur.

Comme précédemment, on ne voit que la dilatation accusée par l'*ovalisation horizontale* du globe, après quoi il a explosé aussitôt, blessant à la jambe gauche l'observateur et déterminant une paralysie de 2 mois qui a nécessité son entrée à l'hôpital.

3. Cas des éclairs fulgurants linéaires non instantanés. — Bien avant Gaston Planté, le vicomte Th. du Moncel avait écrit ceci : « ... Indépendamment des éclairs ordinaires... (on) en a vu et observé... plusieurs qui ne disparaissaient que petit à petit *après avoir pâli*, puis s'être comme fondus en lumière granulaire... » ([2]).

Dans un Mémoire récent, nous avons expliqué toutes les particularités de l'éclair en chapelet, sauf les mots « *après avoir pâli* », qui caractérisent la phase lumineuse *blanc éblouissant*, laquelle précède de peu l'explosion par refroidissement de la matière fulminante.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un douzième fascicule du grand *Traité de Calcul des Probabilités et de ses applications* dont je poursuis la publication, avec le concours de nombreux savants français et étrangers.

Ce nouveau fascicule : *Théorie mathématique de l'assurance invalidité et de l'assurance nuptialité* (*Définitions et relations fondamentales*) a été rédigé

([1]) Charcot, *Leçons du mardi à la Salpêtrière* (*Policlinique*, 1888-1889, 19e Leçon, du 28 mai 1889 : *Accidents nerveux provoqués par la foudre*, p. 435-462).

([2]) *Notice historique et théorique sur le tonnerre et les éclairs*, Paris, 1857, p. 54.

par M. Henri Galbrun, Docteur ès-sciences, actuaire de la Banque de Paris et des Pays-Bas, auquel étaient déjà dus deux fascicules sur *les assurances sur la vie*, très appréciés de tous ceux qui ont eu à en faire usage. Le nouveau travail de M. Galbrun rendra également les plus grands services, car il met au point de nombreuses questions fort importantes et très délicates.

Nous espérons arriver, d'ici peu d'années, à achever ce Traité où se trouveront rassemblées, pour la première fois, toutes les disciplines scientifiques qui se rattachent au Calcul des probabilités et à ses applications.

M. J. Costantin fait hommage à l'Académie d'un article qu'il vient de faire paraître dans la Revue française *La Nature* (1er mars 1933) intitulé : *Le secret de Java est-il la cure d'altitude?* On y voit figurer le volcan Tjérémé. Sous une forme romancée mais cependant très sérieuse, l'auteur fait dire à Soltwedel, l'inventeur de la cure d'altitude, à propos de la Canne *Kassœr* douée seule de résistance au Séreh, trouvée sur le volcan Moeriah et sur le mont Tjérémé : « il s'agit d'une plante sauvage qui aime à la fois les montagnes et les volcans. Je ne vois pas pourquoi elle aime les volcans, mais je commence à entrevoir les raisons pour lesquelles elle aime les montagnes ».

M. Stocklasa a prétendu, mais il a provoqué beaucoup de scepticisme, que les gaz émanés du Vésuve ont un effet radioactif qui explique la fécondité de la Campanie voisine où l'on fait jusqu'à trois récoltes de fruits en une année. On sait par les recherches de M. Blakeslee que le radium et les rayons X agissent sur le patrimoine héréditaire des plantes. Il en est peut-être de même des rayons ultraviolets. Est-ce là ce qui expliquerait l'action mystérieuse de la cure d'altitude. Ce serait peut-être alors le véritable secret de Java.

On trouvera dans cet article les portraits des savants éminents hollandais et étrangers qui ont contribué à l'étude du difficile problème de la dégénérescence.

M. C. Matignon fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Le Collège de France* (1530-1930). *Livre jubilaire composé à l'occasion de son quatrième centenaire.*

PLIS CACHETÉS.

M. Charles Taguet demande l'ouverture d'un pli cacheté accepté en la séance du 28 novembre 1932 et enregistré sous le n° 10659.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note sur *Le traitement des tumeurs et des algies par le venin de Cobra.*

(Renvoi aux Sections d'Économie rurale et de Médecine et Chirurgie.)

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1933, ouvert en la séance du 27 février, est clos en celle du 6 mars.

51 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Francœur.* — MM. Émile Picard, Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue, Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Drach.

II. Mécanique : *Prix Montyon*, *Poncelet*, *Boileau*, *Pierson-Perrin.* — MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Émile Borel, Drach, Jouguet, Villat, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Laubeuf, M. d'Ocagne.

III. Astronomie : *Prix Lalande*, *Valz*, *G. de Pontécoulant*, *fondation Antoinette Janssen.* — MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain, A. de La Baume-Pluvinel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Fichot, Ch. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Alexandre Givry.*

— MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Tilho.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, Ch. Maurain.

V. Navigation : *Prix du Ministère de la Marine, Plumey.* — MM. Émile Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Laubeuf, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Émile Jouguet, Villat, Tilho, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Borel, Rey.

VI. Physique : *Prix Gaston Planté, Hébert, Henri de Parville, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie, fondations Danton, Clément Félix.* — MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Borel, A. de Gramont.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Berthelot, Houzeau.* — MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, M. de Broglie.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Cuvier, Delesse, Victor Raulin, Joseph Labbé, James Hall.* — MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, A. Cotton.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de Coincy.* — MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Gabriel Bertrand, Molliard, Blaringhem.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Viala, Lapicque.

X. Économie rurale : *Prix Bigot de Morogues.* — MM. Roux, Mangin, Costantin, Marchal, Leclainche, Viala, Calmette, Lapicque, Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gabriel Bertrand, Blaringhem.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Da Gama Machado, fondation Savigny.* — MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ch. Richet, Cuénot.

XII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Bellion, Larrey, Argut.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Charles Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Lapicque.

XIII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Charles Richet, Quénu, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vincent, Lapicque.

XIV. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Drach.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maurain, Cartan.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Émile Picard, Bouvier, L. de Launay, Charles Richet, Émile Borel, Matignon, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Gravier.

XVI. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix, Émile Borel, Gravier, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, Caullery, M. d'Ocagne.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Octave Mirbeau, Charles Frémont.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.

XIX. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences physiques). — MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Le Chatelier, Dangeard, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. de Launay, Gravier.

XX. *Prix Bordin* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Deslandres, Cartan.

XXI. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Charles Richet, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Caullery, Lapicque.

XXII. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Émile Borel, Lebesgue, Fichot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, Cartan.

XXIII. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences naturelles). — MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Dangeard, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Fosse.

XXIV. *Prix Estrade-Delcros* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Goursat, Émile Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, Cartan.

XXV. *Prix Le Conte.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXVI. *Prix Parkin.* — MM. d'Arsonval, Roux, Charles Richet, Quénu, Vincent, Gabriel Bertrand, Desgrez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Gravier.

XXVII. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Baillaud, Hamy, Borel, d'Ocagne, Lebesgue, A. Cotton.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maurain, Cartan.

XXVIII. *Prix Lonchampt.* — MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Mangin, Charles Richet, Leclainche, Gabriel Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Gravier.

XXIX. *Prix Henry Wilde.* — MM. Émile Picard, Deslandres, A. Lacroix, Hamy, Émile Borel, Gabriel Bertrand, Perrin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Esclangon, Jacob.

XXX. *Prix Charles Dupin.* — MM. Émile Picard, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Fichot, Émile Jouguet, Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Charcot, Villat.

XXXI. *Prix Marquet* (Sciences physiques). — MM. Roux, A. Lacroix, Le Chatelier, Joubin, Mesnil, Fosse, Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bouvier, Urbain.

XXXII. *Fondation Pierre Lafitte.* — MM. Villard, Branly, P. Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Ch. Fabry.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Maurain.

XXXIII. *Fondation Roy-Vaucouloux.* — MM. Roux, Charles Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Lapicque.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les maîtres d'une génération.* Pierre Duhem, par Pierre Humbert.

2° *Exercices d'Analyse*, par Gaston Julia. Tome III : *Équations différentielles.*

3° *Comptes rendus de l'*Association des Anatomistes, publiés par le Professeur Remy Collin, Secrétaire général de l'Association. Vingt-septième Réunion (Nancy, 21-23 mars 1932).

4° Edward Orton, Jr. *A Memorial.*

5° H.-R. Kruyt. *Les Colloïdes. Manuel de Chimie colloïdale.* Préface de M. Jacques Duclaux. (Présenté par M. G. Urbain.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur le théorème de Poncelet et une classe de cyclides.* Note (1) de M. **René Lagrange**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai montré (2) que le théorème de Poncelet pouvait être étendu à un faisceau de quadriques. Avec une seule quadrique du faisceau, on peut compléter ces remarques par le théorème suivant.

Théorème. — *Si une ligne polygonale se meut en restant tracée sur une quadrique Q et inscrite dans une biquadratique Λ, l'intersection de deux côtés*

(1) Séance du 27 février 1933.

(2) *Sur le théorème de Poncelet* (*Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 319-321).

séparés par $2k$ côtés consécutifs décrit une biquadratique inscrite dans l'octogone tracé sur Q et circonscrit à A. Si cette ligne polygonale se ferme pour une position particulière, elle est constamment fermée.

En rapportant le faisceau à son tétraèdre autopolaire, les équations de A sont de la forme

$$Q \equiv x^2 - y^2 - z^2 - t^2 = 0, \quad Q' \equiv Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dt^2 = 0;$$

les équations paramétriques de Q sont

$$x = \rho\rho_1 + 1, \qquad y = \rho\rho_1 - 1, \qquad z = \rho_1 + \rho, \qquad t = \rho_1 - \rho,$$

de sorte que l'équation aux ρ, ρ_1 de A est

$$f(\rho, \rho_1) \equiv (A + B)(\rho^2\rho_1^2 + 1) + 2(A - B + C - D)\rho\rho_1 + (C + D)(\rho^2 + \rho_1^2) = 0,$$

de la forme de l'équation d'une conique Γ' en fonction des paramètres des tangentes à une conique Γ. Or les théorèmes de Poncelet relatifs aux lignes polygonales inscrites dans Γ' et circonscrites à Γ résultant des propriétés de l'élimination de $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_{n-1}$ entre les n équations consécutives ([1])

$$f(\rho, \rho_2) = 0, \quad f(\rho_1, \rho_2) = 0, \quad \rho \neq \rho_2 \ldots, \quad f(\rho_{n-1}, \rho_n) = 0, \quad \rho_{n-2} \neq \rho_n.$$

On sait que l'équation résultante $\Phi(\rho, \rho_n) = 0$ est également biquadratique et que son discriminant relatif à ρ_n est un trinome bicarré en ρ, dont les quatre zéros sont indépendants de n. A ceux-ci correspondent quatre génératrices de Q dans chaque famille. Ces huit génératrices sont les côtés de l'octogone en question. Le théorème découle de là lorsque n est impair.

Considérons alors deux cercles C, C_1 de l'espace et le lieu S_K des points M dont le rapport des puissances par rapport à C, C_1 a la valeur constante K. F et Φ étant les foyers de C, F_1 et Φ^1 ceux de C_1, S_K est défini par l'équation $MF.M\Phi - KMF_1.M\Phi_1 = 0$. Cette surface est donc engendrée par le cercle Γ_h d'équations $MF_1 - hMF = 0$, $M\Phi - KhM\Phi_1 = 0$, intersection de deux sphères de deux faisceaux se correspondant homographiquement. L'axe de Γ_h décrit donc une quadrique Q contenant les droites FF_1 et $\Phi\Phi_1$. En outre Γ_h s'appuie sur les deux cercles de foyers F, F_1 et Φ, Φ_1, et reste donc orthogonal à la sphère Σ qui passe par ces quatre foyers. On vérifie ainsi que S_k est une cyclide de directrice Σ et de déférente

---

([1]) Cf. DARBOUX, *Principes de Géométrie analytique*, p. 250-266.

associée Q. En permutant les rôles de F et de Φ, on voit que Q passe par le quadrilatère $FF_1\Phi\Phi_1$.

L'extension du théorème de Poncelet permet alors de tracer sur Q une infinité de tels quadrilatères $F'F'_1\Phi'\Phi'_1$ inscrits dans Σ. Les deux couples de sommets opposés F', Φ' et $F'_1\Phi'_1$ sont les foyers de deux cercles C', C'_1 servant de bases à une infinité de cyclides $S'_{k'}$ de directrice Σ, et dont la déférente associée Q', qui dépend du rapport K' des puissances, contient ce quadrilatère. En choisissant K' pour que Q et Q' aient un point commun hors des côtés de ce quadrilatère, Q' coïncide avec Q donc $S'_{k'}$ avec S_k. Par conséquent *la cyclide lieu des points dont le rapport des puissances par rapport à deux cercles fixes est constant peut être définie de la même façon par rapport à une infinité de couples de cercles*. On voit comment ces bases se déduisent les unes des autres et qu'elles sont orthogonales à une même sphère. Il résulte encore de l'invariance anallagmatique du rapport k des puissances réduites [1] qu'à une même valeur de k correspondent quatre bases, inverses l'une de l'autre par rapport aux directrices de S_k distinctes de Σ.

Lorsque C et C_1 sont paratactiques, au besoin une inversion permet de supposer que les quatre foyers ne sont pas coplanaires. Q et Σ se coupent suivant un quadrilatère isotrope $ff_1\varphi\varphi_1$ dont deux des côtés ff_1, $\varphi\varphi_1$ coïncident avec FF_1, $\Phi\Phi_1$ par exemple. Les deux cercles correspondant à ce quadrilatère sont conjugués de sorte que S_k est une cyclide de Dupin. On peut choisir arbitrairement F', F'_1 sur la droite ff_1, ou F', Φ'_1 sur la droite $f\varphi_1$. On retrouve ainsi la faculté de la cyclide de Dupin d'être définissable de $2 \times \infty^2$ manières comme le lieu des points dont le rapport des puissances par rapport à deux cercles paratactiques est constant [2].

Pour que la cyclide d'équation

$$(x^2+y^2+z^2)^2+4(ax^2+a'y^2+a''z^2)+8(cx+c'y+c''z)\,4d=0$$

soit un lieu S_k, il faut et il suffit que pour l'un des cinq couples directrice-déférente

$$Q \equiv \frac{x^2}{a-\lambda}+\frac{y^2}{a'-\lambda}+\frac{z^2}{a''-\lambda}+1=0,$$

$$\Sigma \equiv x^2+y^2+z^2+\frac{2cx}{a-\lambda}+\frac{2c'y}{a'-\lambda}+\frac{2c''z}{a''-\lambda}-2\lambda=0,$$

---

[1] André Bloch appelle puissance réduite le quotient de la puissance par le rayon du cercle.

[2] André Bloch, *Journ. de Math.*, 3, 1924, p. 51-77.

où λ est racine de l'équation

$$\varphi(\lambda) = \frac{c^2}{a-\lambda} + \frac{c'^2}{a'-\lambda} + \frac{c''^2}{a''-\lambda} + \lambda^2 - d = 0,$$

la condition de fermeture (¹) $D_4 = 0$ soit vérifiée pour 4 quadriques du faisceau $Q_\rho \equiv Q + \rho\Sigma = 0$ coïncidant avec Q. On trouve ainsi aisément qu'il faut et il suffit que soit nul le résultant de $\varphi(\lambda) = 0$ et de

$$\psi(\lambda) = (\lambda - a + a' + a'')(\lambda + a - a' + a'') \times (\lambda + a + a' - a'') - \mathop{\mathrm{S}} \frac{4c^2(\lambda - a + a' + a'')}{\lambda - a} = 0.$$

GÉOMÉTRIE. — *Construction effective et générale de la transformation de Cremona dans le plan et dans l'espace.* Note de M. **Glagoleff**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient (A) et (B) deux faisceaux de courbes de degré m et n, situés dans le plan P et (A′), (B′) deux faisceaux de courbes de degré q et p situés dans le plan P′. Les faisceaux (A) et (A′), (B) et (B′) sont en correspondance projective : à chaque point (x) d'intersection des courbes (A) et (B), déterminées correspondent les pq points (y) d'intersection des courbes A′, B′ homologues. Si le point (x) décrit une droite, les points (y) décrivent une courbe d'ordre $mp + nq$ et vice versa.

Choisissons des faisceaux (A) et (B) particuliers, dont les points de base sont confondus, de sorte que deux courbes A et B quelconques se coupent, en dehors des points de base, en un seul point (x) mobile. De même pour les faisceaux (A′) et (B′). La transformation $(x) \rightarrow (y)$ obtenue est biunivoque, donc cremonienne de l'ordre $mp + nq$. L'examen du tableau des transformations cremoniennes nous montre sans peine que ce choix est possible. D'autre part, il est facile de montrer que toute transformation de Cremona peut s'obtenir de cette façon.

Exemple : soit $m = n = p = q$. La transformation cremonienne d'ordre n dont les centres ont respectivement les multiplicités $m_1, m_2, \ldots, m_k$ nous donne une transformation cremonienne de l'ordre $2n^2$ dont les centres sont : 1° les centres de la transformation primitive, avec les multiplicités $2m_1n, 2m_2n, \ldots, 2m_kn$; 2° les centres du réseau conjugué de la transformation primitive; 3° trois points de multiplicité n.

(¹) Cf. R. Lagrange, *loc. cit.*

La construction indiquée se généralise dans l'espace. Soient (A), (B), (C) trois faisceaux de surfaces d'ordre m, n, p respectivement, qui ont un seul point d'intersection mobile; de même pour les faisceaux (A′), (B′), (C′) d'ordre m_1, n_1, p_1. Les correspondances projectives entre les faisceaux (A) et (A′), (B) et (B′), (C) et (C′) établies, nous obtenons une transformation cremonienne, entre deux espaces, d'ordre $m n_1 p_1 + n m_1 p_1 + p m_1 n_1$ dans un sens et $m_1 n p + n_1 m p + p_1 m n$ dans l'autre.

La construction en question contient comme cas particuliers toutes les transformations cremoniennes connues (Geiser, Sturm et autres).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la théorie des perturbations de Schrödinger à un problème où la dégénérescence persiste jusqu'à l'approximation n (équation de Mathieu).* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. Brillouin.

Si l'on considère l'équation de Mathieu

$$\text{(E)} \qquad \frac{d^2 y}{dx^2} + (\lambda - 2h^2 \cos 2x) y = 0,$$

on sait que le plan des (λ, h^2) est partagé en deux types de régions : celles où il existe des solutions quasi périodiques et celles où il n'en existe pas (1). On sait aussi que les courbes qui séparent ces régions et sur lesquelles il existe une solution périodique se rejoignent deux par deux aux points $\lambda = n^2$ (n entier), $h^2 = 0$, et y ont des contacts d'ordre $n - 1$ respectivement. Mais la démonstration donnée est assez artificielle. On peut rattacher cette propriété à la théorie générale des perturbations des valeurs propres et des fonctions propres de Schrödinger. On se trouve, en effet, en face d'un problème de valeurs propres, quand on impose à y et à dy/dx la condition de reprendre les mêmes valeurs aux points $x = 0$, $x = 2\pi$. Nous aurons une illustration du cas où la dégénérescence persiste jusqu'à un certain ordre au cours du calcul d'approximation.

Considérons $(2h^2 \cos 2x) y$ comme un terme perturbateur et étudions ce qui se passe au voisinage de la valeur propre $\lambda = n^2$. On posera

$$\text{(1)} \qquad \lambda = n^2 + h^2 \varepsilon_1 + h^4 \varepsilon_2 + \ldots + h^{2i} \varepsilon_i + \ldots$$

(1) Voir Strutt, *Lamé'sche, Mathieu'sche und verwandte funktionen in Physik und technik*, Berlin, 1932, p. 31 et suiv.

et, de même, en désignant par z la fonction propre,

$$z = \beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx + h^2\varphi_1(x) + h^4\varphi_2(x) + \ldots + h^{2i}\varphi_i(x) + \ldots \tag{2}$$

Portons ces développements dans (E) et annulons le terme en h^2

$$\varphi_1'' + n^2\varphi_1 + \varepsilon_1(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) + 2\cos 2x(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) = 0. \tag{3}$$

Les conditions d'orthogonalité donnent

$$\left\{\begin{aligned} &\left(\int_0^{2\pi} 2\cos^2 nx \cos 2x\, dx + \varepsilon_1\right)\beta_1 + \left(\int_0^{2\pi} \sin 2nx \cos 2x\, dx\right)\beta_2 = 0,\\ &\left(\int_0^{2\pi} \sin 2nx \cos 2x\, dx\right)\beta_1 + \left(\int_0^{2\pi} 2\sin^2 nx \cos 2x\, dx + \varepsilon_1\right)\beta_2 = 0. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

Si $n > 1$, la dégénérescence ne sera pas levée puisqu'on ne pourra pas déterminer β_1 et β_2 et l'on aura $\varepsilon_1 = 0$. L'équation (3) montre que φ_1 a la forme (puisque la solution générale de l'équation non perturbée n'intervient plus)

$$\left\{\begin{aligned} \varphi_1 = {} & \beta_1[\alpha_{n+2}^{(1)} \cos(n+2)x + \alpha_{n-2}^{(1)} \cos(n-2)x] \\ & + \beta_2[\alpha_{n+2}^{(1)} \sin(n+2)x + \alpha_{n-2}^{(1)} \sin(n-2)x], \end{aligned}\right. \tag{5}$$

les α étant des coefficients numériques qui sont les mêmes pour les sinus et cosinus des mêmes arcs. L'annulation des termes en h^4 dans (E) donnera

$$\varphi_2'' + n^2\varphi_2 + \varepsilon_2(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) + 2\cos 2x.\varphi_1 = 0. \tag{6}$$

En raison de la forme de φ_1, les conditions d'orthogonalité pourront s'écrire (A étant le coefficient de $\beta_1 \cos nx$ et de $\beta_2 \sin nx$ dans $2\cos 2x.\varphi_1$)

$$\left\{\begin{aligned} &\beta_1(\varepsilon_2 + A) = 0,\\ &\beta_2(\varepsilon_2 + A) = 0. \end{aligned}\right. \tag{7}$$

La dégénérescence n'est pas levée puisque ces deux équations ne permettent pas de déterminer β_1 et β_2 ; d'une façon générale on aura

$$\varphi_i'' + n^2\varphi_i + \varepsilon_i(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) + \sum_{p=1}^{i-2} \varepsilon_{i-p}\varphi_p + 2\cos 2x.\varphi_{i-1} = 0 \tag{8}$$

avec

$$\begin{aligned} \varphi_{i-1} = {} & \beta_1\{\alpha_{n+2(i-1)}^{(i-1)} \cos[n+2(i-1)]x + \ldots + \alpha_{n-2(i-1)}^{(i-1)} \cos[n-2(i-1)]x\} \\ & + \beta_2\{\alpha_{n+2(i-1)}^{(i-1)} \sin[n+2(i-1)]x + \ldots + \alpha_{n-2(i-1)}^{(i-1)} \sin[n-2(i-1)]\} \end{aligned} \tag{9}$$

Les conditions d'orthogonalité auront encore la forme (7) puisque les coefficients de $\beta_1 \cos nx$ et $\beta_2 \sin nx$ dans (8) sont les mêmes. La dégénéres-

cence sera levée seulement pour $i = n$. En effet, (8) et (9) montrent que nous avons alors des termes en $\beta_1 \cos(-nx)$ et en $\beta_2 \sin(-nx)$ avec des coefficients égaux, C. Les conditions d'orthogonalité s'écriront alors [B désignant les coefficients de $\beta_1 \cos nx$ et de $\beta_2 \sin nx$ dans (8)]

$$(10) \qquad \begin{cases} \beta_1(\varepsilon_n + B + C) = 0, \\ \beta_2(\varepsilon_n + B - C) = 0. \end{cases}$$

La dégénérescence est ici levée puisqu'il faut prendre soit β_1 soit β_2 nul.

Les fonctions propres perturbées auront bien pour termes principaux $\cos nx$ et $\sin nx$.

Ce calcul est immédiatement généralisable au cas où l'on prendrait un terme perturbateur périodique plus compliqué. Si l'on prend une fonction paire quelconque de période π, on voit que le contact, au voisinage du point $\lambda = n^2$, sera en général abaissé. Si l'on n'impose plus à la fonction perturbatrice la condition d'être paire, les fonctions propres perturbées auront pour termes principaux des combinaisons linéaires de $\cos nx$ et $\sin nx$, et non plus d'une part $\cos nx$, et d'autre part $\sin nx$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes de transformations pseudo-conformes.* Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons, dans l'espace de p variables complexes $z_1, \ldots, z_p$, un groupe G de transformations pseudo-conformes dépendant de r paramètres réels $t_1, \ldots, t_r$,

$$(\mathrm{G}) \qquad z'_j = \varphi_j(z_1, \ldots, z_p;\ t_1, \ldots, t_r) \qquad (j = 1, \ldots, p),$$

sur lequel nous ferons les hypothèses suivantes :

1° Les fonctions φ_j sont définies et *uniformément bornées* au voisinage de $z = t = 0$;

2° Pour chaque système de valeurs des paramètres t, les φ_j sont *holomorphes* en $z_1, \ldots, z_p$; pour chaque système de valeurs des z, les φ_j sont *continues* par rapport à l'ensemble des variables $t_1, \ldots, t_r$;

3° La transformation identique correspond à $t_1 = \ldots = t_r = 0$, et la *structure* du groupe G est *de Lie ;* autrement dit, on peut choisir les paramètres t de façon que la loi de composition des paramètres soit *analytique*.

Je vais démontrer que, dans ces conditions, *les φ_j sont des fonctions analytiques de toutes les variables z et t*. En d'autres termes, *si l'on a un groupe* G *de transformations pseudo-conformes, et si le groupe des paramètres est un*

groupe de Lie, le groupe G *est lui-même un groupe de Lie*. Toutefois nous avons fait l'hypothèse primo, qui paraît d'ailleurs naturelle; elle se trouve évidemment vérifiée si les transformations de G laissent invariant un domaine *borné*.

LEMME [1]. — Moyennant les hypothèses 1° et 2°, les φ_j et leurs dérivées $\partial\varphi_j/\partial z_k$ sont *continues par rapport à l'ensemble* des variables z et t.

Ce lemme étant admis, tout revient à montrer qu'à chaque transformation infinitésimale du groupe des paramètres correspond une transformation de G; il suffit donc d'envisager le cas d'un *groupe à un paramètre*

$$z'_j = \varphi_j(z_1, \ldots, z_p; t), \tag{1}$$

et de prouver que chaque φ_j admet, pour $t = 0$, une *dérivée* $\partial\varphi_j/\partial t$ égale à une fonction *holomorphe* de $z_1, \ldots, z_p$. C'est ce que nous allons faire voir.

La loi de composition pour t étant supposée être l'addition, on a

$$\varphi_j[\varphi_1(z; t), \ldots, \varphi_p(z; t); \theta] = \varphi_j(z; t+\theta); \tag{2}$$

ces identités sont valables si t, θ et les z sont assez petits; mais on peut, en multipliant le paramètre par une constante réelle, se ramener au cas où t et θ peuvent être pris entre -2π et $+2\pi$.

Les φ_j et les $\partial\varphi_j/\partial z_k$, étant continues par rapport à l'ensemble des variables z et t, sont uniformément continues; il en résulte que toute intégrale

$$\int_0^{2\pi} \varphi_j(z; t)\, u(t)\, dt,$$

où $u(t)$ est continue, est une fonction *holomorphe* des z, à laquelle on peut appliquer la règle de différentiation sous le signe somme.

Écrivons les développements de φ_j et de $\partial\varphi_j/\partial z_k$ des séries de Fourier pour $0 \leq t \leq 2\pi$:

$$\varphi_j(z; t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{int} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \varphi_j(z; \theta)\, e^{-in\theta}\, d\theta, \tag{3}$$

$$\frac{\partial\varphi_j(z; t)}{\partial z_k} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{int} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\partial\varphi_j(z; \theta)}{\partial z_k}\, e^{-in\theta}\, d\theta. \tag{4}$$

---

[1] La démonstration de ce lemme est fort simple et repose sur le théorème classique : « Si une suite de fonctions holomorphes et uniformément bornées converge, elle converge uniformément »; il suffit alors d'appliquer les propositions de Weierstrass relatives à la convergence uniforme des suites de fonctions holomorphes.

On voit que l'on passe de (3) à (4) en différentiant terme à terme par rapport à z_k. Posons

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi_j(z;\,\theta)\, e^{-in\theta}\, d\theta = \psi_j^n(z).$$

Les $\psi_j^n(z)$ sont holomorphes et le déterminant fonctionnel des φ_j par rapport aux z_k est égal, pour $t=0$, à

$$\sum_{n_1}\cdots\sum_{n_p}\frac{d(\psi_1^{n_1},\,\ldots,\,\psi_p^{n_p})}{d(z_1,\,\ldots,\,z_p)};$$

comme il est identique à *un* pour $t=0$, *il existe p entiers $n_1, \ldots, n_p$ tels que le déterminant fonctionnel de $\psi_1^{n_1}, \ldots, \psi_p^{n_p}$, par rapport à $z_1, \ldots, z_p$ soit différent de zéro pour $z=0$*. Posons alors

$$f_j(z) = \psi_j^{n_j}(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi_j(z;\,\theta)\, e^{-in_j\theta}\, d\theta.$$

Effectuons maintenant sur les z la transformation (1); il vient

$$f_j(z') = f_j[\varphi_1(z;\,t),\,\ldots,\,\varphi_p(z;\,t)] = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi_j[\varphi_1(z,\,t),\,\ldots,\,\varphi_p(z,\,t);\,\theta]\, e^{-in_j\theta}\, d\theta;$$

l'identité (2) et un calcul élémentaire donnent

$$f_j(z') = e^{in_j t}\left\{f_j(z) + \frac{1}{2\pi}\int_0^{t} [\varphi_j(z;\,\theta+2\pi) - \varphi_j(z;\,\theta)]\, e^{-in_j\theta}\, d\theta\right\}.$$

Or le second membre est une fonction de t qui admet, pour $t=0$, une *dérivée* égale à une fonction *holomorphe* des variables z. Donc, si l'on effectue le changement de variables

$$Z_j = f_j(z),$$

ce qui est permis au voisinage de $z_j=0$ puisque le jacobien des f_j n'est pas nul, les équations (1) prennent la forme

$$Z'_j = \Phi_j(Z_1,\,\ldots,\,Z_p;\,t),$$

et chaque Φ_j admet, pour $t=0$, une dérivée $\partial\Phi_j/\partial t$ égale à une fonction de $Z_1, \ldots, Z_p$, holomorphe au voisinage du système de valeurs

$$Z_j = f_j(0).$$

C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les décompositions des fonctions uniformes*. Note de M. N. **Aronszajn**, présentée par M. Émile Borel.

Dans ma dernière Note (voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 521), j'ai donné des applications d'un théorème général A aux décompositions d'une fonction uniforme et holomorphe en somme et en produit. Dans la présente Note, je vais donner d'autres applications de ce théorème.

1. *Décomposition des fonctions multiformes.* — On obtient une branche uniforme d'une fonction multiforme en menant une coupure dans le plan de la variable z. Les points de la coupure devront être comptés dans l'ensemble de singularités F de la branche considérée $f(z)$. Mais, parmi les points de F, on distinguera les points pseudo-singuliers au delà desquels on peut prolonger $f(z)$ de tous les côtés de la coupure. Ceci dit, décomposons l'ensemble F en deux ensembles fermés F_1 et F_2, dont les points communs forment un ensemble composé d'un nombre fini des points pseudo-singuliers $a_1, \ldots, a_n$, chacun de ceux-ci étant l'extrémité de deux arcs, un appartenant à F_1, l'autre à F_2. La décomposition correspondante (en vertu du théorème A) $f(z)=f_1(z)+f_2(z)$ présentera alors des propriétés particulières, notamment $f_1(z)$ et $f_2(z)$ sont des branches des fonctions multiformes qui ont des singularités logarithmiques simples aux points $a_1, \ldots, a_n$ [dans le sens que, par exemple, $f_1(z)-\varphi(z)\log(z-a_1)$ est holomorphe en a_1, si $\varphi(z)$ est une fonction holomorphe en a_1 choisie convenablement], et qui, en outre, n'ont de singularités qu'aux points singuliers de $f(z)$ [dans le sens que $f_k(z)$ est prolongeable sur tout chemin évitant les points $a_1, \ldots, a_n$ si seulement $f(z)$ y est prolongeable].

On déduit de là l'énoncé suivant :

Si deux fonctions analytiques multiformes n'ont qu'un seul point singulier commun (ou, plus exactement, n'ont qu'un seul affixe commun parmi les affixes de leurs points singuliers), *ce point sera singulier aussi pour leur somme.* Cependant, ceci n'aura pas nécessairement lieu dans le cas d'un pôle, d'un point singulier isolé, d'un point critique logarithmique simple, ou encore quand la fonction se décompose en deux parties, dont chacune présente une des trois singularités énumérées. Ces cas exceptionnels se présentent effectivement, par exemple,

$$\frac{1}{z}+\left(-\frac{1}{z}\right),\quad e^{\frac{1}{z}}+\left(-e^{\frac{1}{z}}\right),\quad \log\left(\frac{z+1}{z}\right)+\log\left(\frac{z}{z-1}\right).$$

Moyennant certaines précautions, on pourrait étendre ce théorème au cas de plusieurs points singuliers communs.

2. *Fonctions entières.* — On connaît plusieurs opérations additives transformant les fonctions entières $\Phi(z)$ en fonctions $f(z)$ présentant des singularités à distance finie. Certaines de ces singularités sont déterminées par l'allure de la fonction $\Phi(z)$ à l'infini.

Pour chaque décomposition de l'ensemble de singularités de $f(z)$, il existe, d'après le théorème A, une décomposition $f(z) = f_1(z) + f_2(z)$, et si l'opération additive en question est réversible, il en résultera une décomposition $\Phi(z) = \Phi_1(z) + \Phi_2(z)$. Ce procédé permet d'étudier plus profondément la relation entre la fonction entière $\Phi(z)$ et toutes les singularités de la fonction associée $f(z)$.

A titre d'exemple, considérons la sommation de Borel [1] dans la forme que lui a donnée G. Polya [1]. Nous prendrons donc maintenant une fonction entière $\Phi(z)$ d'ordre 1 et du type moyen, et nous poserons

$$f(z) = \int_0^\infty e^{-\alpha}\Phi\left(\frac{\alpha}{z}\right)\frac{d\alpha}{z}.$$

Soient p et q les extrémités d'un segment de la frontière du diagramme indicateur de $f(z)$ (le sens de p à q sur ce segment étant positif par rapport à l'intérieur du diagramme). *Pour qu'il n'y ait pas de singularités de $f(z)$ sur ce segment entre p et q, il faut et il suffit qu'il existe une décomposition $\Phi(z) = \Phi_1(z) + \Phi_2(z)$, où Φ_1 et Φ_2 sont des fonctions entières telles que, en posant*

$$h_k(\psi) = \overline{\lim_{\rho=\infty}} \frac{\log|\Phi_k(\rho e^{i\psi})|}{\rho} \quad \textit{pour } k = 1, 2,$$

on ait

$$h_1(\psi) = |p|\cos(\psi_1 + \psi) \quad \textit{pour} \quad -\psi_0 > \psi > -\psi_0 - \varepsilon_1, \quad \psi_1 = \arg p,$$
$$h_2(\psi) = |q|\cos(\psi_2 + \psi) \quad \textit{pour} \quad -\psi_0 + \varepsilon_2 > \psi > -\psi_0; \quad \psi_2 = \arg q,$$

où $\psi_0 = [\arg(q-p) - \pi/2]$ et ε_1, ε_2 sont des nombres positifs convenablement choisis.

S'il y a des singularités de $f(z)$ entre p et q, on pourra caractériser leurs types (pour certains types simples) par des décompositions spéciales de $\Phi(z)$. On utilisera pour ce but les développements de M. Haar (*Math. Ann.*, 96, 1927, p. 69).

---

(1) Cf. E. Borel, *Séries divergentes*, p. 171, et G. Polya, *Math. Zeitsch.*, 29, 1929, p. 585.

3. *Extension du théorème aux fonctions harmoniques.* — On peut obtenir, pour les fonctions harmoniques habituelles de n variables (et même pour les fonctions harmoniques d'ordre $p > 1$), un théorème tout à fait analogue à notre théorème A. Ceci tient au fait qu'il existe pour ces fonctions la formule de Green (ou respectivement ses généralisations) qui remplace dans la démonstration du théorème A la formule de Cauchy.

Le théorème A s'appliquant aux fonctions harmoniques (d'ordre ≥ 1), tous les développements du paragraphe 1 de notre Note précédente (citée plus haut) s'étendent *ipso facto* à ces fonctions.

Le théorème A s'étend aux classes de fonctions encore beaucoup plus larges que celle de fonctions harmoniques d'ordre p. Il se pose donc tout naturellement le problème de rechercher quelles sont en général les classes de fonctions pour lesquelles notre théorème est valable. En particulier, il serait intéressant d'étudier de ce point de vue les solutions des équations différentielles aux dérivées partielles, linéaires, d'ordre fini ou infini.

Ajoutons encore que le théorème A n'est pas valable pour les fonctions analytiques et uniformes de plusieurs variables complexes (au moins dans sa forme actuelle).

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur l'oxydation* (1) *de quelques hydrocarbures.* Note de Mlle **Estradère**, présentée par M. A. Cotton.

En liaison avec le Service des Recherches du Ministère de l'Air, nous avons étudié l'oxydation par l'oxygène de quelques hydrocarbures en C^6, dans les conditions les plus favorables à la production des explosions [phénomène analogue à celui du choc (2) dans les moteurs].

La méthode opératoire est celle de l'oxydation sous pression constante. Notre dispositif expérimental comporte, outre un générateur d'oxygène à débit réglable, un condenseur et un gazomètre, deux organes essentiels : le carburateur et le four.

Le carburateur en pyrex permet une vaporisation à vitesse variable du carbure dans le tube abducteur d'oxygène par une fente de 1mm de largeur.

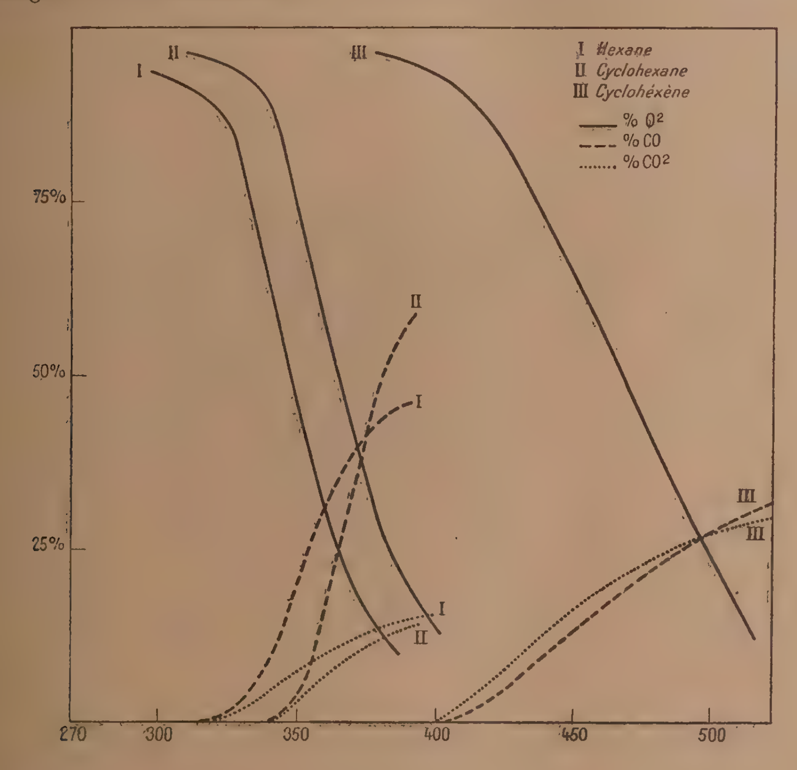
---

(1) Mondain-Mondal et Quanquin, *Ann. de Chim.*, 10, 1931, p. 309; Prettre, *Ann. de l'Office Nat. des Comb. liq.*, 6, 1931, p. 7, 269 et 533; Wilken et Jorden, *J. Chem. Met. Min. Soc. S. Africa.*, 32, 1932, p. 283.

(2) Campbell Wheeler et Lovell, *Ind. and Eng.*, 23, 1931, p. 26.

On peut ainsi régler la composition des mélanges, leur débit, et éviter la propagation des explosions à l'intérieur du carburateur.

Le four, en pyrex également, est constitué par un tube soigneusement rempli de baguettes de verre de 3mm de diamètre et un thermomètre. Il constitue une grande surface chauffante n'offrant au passage des gaz que de longs canaux très étroits.



L'ensemble du dispositif permet d'éviter les explosions dangereuses.

Nous donnerons dans cette Note les résultats comparatifs obtenus au cours de l'oxydation de l'hexane, du cyclohexane et du cyclohexène dans les conditions suivantes : Composition moléculaire du mélange carbure/oxygène $= 4/1$; pression $= 1^{atm}$; débit du mélange $= 9,25$ lit.-heure. Les fours employés sont identiques entre eux.

Chaque opération dure une demi-heure ; les produits sont entièrement recueillis dans le condenseur et le gazomètre ; nous recherchons dans les produits condensés l'existence des peroxydes par la réaction de l'iodure de

potassium, et nous déterminons la teneur pour 100 des gaz en oxygène, oxyde de carbone, et acide carbonique.

Les courbes ci-dessus résument toutes les opérations pratiquées en fonction de la température et permettent de faire les observations suivantes :

1° La phase d'oxydation active ou « période secondaire » [1] débute au moment où l'oxygène décroît rapidement dans les gaz ; ceci a lieu respectivement vers 330, 340, et 410° pour l'hexane, le cyclohexane et le cyclohexène.

2° On voit simultanément apparaître l'oxyde de carbone en quantités importantes.

3° Dans chaque cas la réaction à l'iodure de potassium a été nettement positive dans un intervalle de température d'environ 10 à 15°. Déjà appréciable un peu en deçà de 330, 340, et 410°, elle est maxima à ces températures mêmes puis disparaît ensuite. Tout se passe donc comme si les produits peroxydés formés étaient très éphémères et précédaient l'apparition des autres produits d'oxydation.

4° Les explosions naissent aussi en deçà de la période secondaire bien avant l'apparition en quantités importantes de l'oxyde de carbone et des aldéhydes.

5° La cyclisation des carbures saturés semble n'accroître que faiblement leur résistance à l'oxydation; au contraire l'introduction d'une liaison éthylénique les rend nettement plus résistants.

Nous poursuivrons ces recherches sur un certain nombre d'autres carbures, en particulier cyclohexadiène, benzène, hexène.

NAVIGATION MARITIME. — *Suppression du roulis et du tangage.* Note de M. M. Kéféli, présentée par M. Ch. Lallemand.

Du fait des vagues, un bateau, en marche, est susceptible de subir trois espèces d'oscillations perturbatrices : le roulis, le tangage et une sorte de balancement vertical appelé le pilonnement.

Conséquences : une perte de vitesse pour le navire, le mal de mer pour les passagers et de sérieuses difficultés, sur les bateaux de guerre, pour le réglage du tir des canons ou du lancement des torpilles.

---

(1) Chavannes, *Chimie et Industrie*, 25, numéro spécial de mars 1931, p. 121.

Depuis longtemps on cherche vainement à supprimer ces mouvements parasites. Pour le roulis seul, on a obtenu quelques atténuations par l'emploi de moyens divers : quilles de roulis, ailerons stabilisateurs, caisses à eau, ou gyroscopes; mais cette dernière solution, la plus récente et la plus coûteuse, est forcément incomplète, les gyroscopes n'entrant en action que lorsque le navire a déjà pris une certaine inclinaison.

Rien, d'autre part, n'a encore été fait contre le tangage et le pilonnement.

La navigation maritime ne différant, en somme, de la navigation aérienne que par la nature du fluide (eau ou air) dont on veut combattre les réactions, j'ai pensé qu'on pourrait utilement substituer à l'automatisme machinal, d'action forcément tardive, l'intervention d'un cerveau humain, comme on l'a fait pour l'avion, où, avec le « manche à balai », le pilote, à l'instant même où prennent naissance les mouvements perturbateurs, actionne les gouvernails destinés à les combattre.

Pour réaliser cette idée, je propose d'installer, sur les deux flancs et aux



Stabilisateurs Kéféli contre le roulis et le tangage. Échelle : 1/500.
Application sur l'*Étourdi*.
AB, ligne de flottaison; *a*, *b*, *c* et *d*, ailerons stabilisateurs.

extrémités du navire, dans des chambres étanches ménagées très profondément sous la flottaison, quatre paires d'ailerons, mobiles autour d'axes verticaux et additionnés électriquement.

Dans chaque paire, ces ailerons, inclinés d'environ 15° sur l'horizon, sont penchés, l'un vers le haut, l'autre vers le bas.

En marche, la composante verticale de la poussée de l'eau sur un aileron sorti de la coque est, à la fois, proportionnelle au carré de la vitesse du navire et à la surface de la partie saillante de l'aileron. Si celui-ci est penché vers le bas, la portion correspondante de la coque tend à plonger. C'est l'inverse dans le cas contraire.

A l'aide du « manche à balai » et des transmissions électriques, le pilote peut dès lors, à chaque instant, faire saillir de la quantité convenable, hors de la coque, les ailerons dont l'intervention doit paralyser, dès sa naissance, c'est-à-dire avant qu'il n'ait pris une amplitude appréciable, tout mouvement perturbateur, quel qu'il soit.

Selon le cas, on supprime ainsi roulis, tangage ou pilonnement et l'on réduit sensiblement la perte de vitesse causée par ces oscillations, en même

temps que, en cas d'avarie, on apporte au gouvernail de direction un utile complément.

En particulier, la lutte contre le tangage devient possible, grâce au fait que le bras de levier du couple stabilisateur est presque égal à celui du couple perturbateur.

La complication de la manœuvre multiple des ailerons semblera moins inquiétante si l'on songe avec quelle facilité, par exemple, des hommes jeunes, se livrant au patinage acrobatique, maintiennent, au milieu de l'extrême variété de leurs mouvements, un parfait équilibre du corps.

La formation de pilotes spéciaux pour la conduite des navires munis du nouveau dispositif ne paraît donc pas devoir soulever de gênantes difficultés.

Les autorités maritimes les plus compétentes et la *Commission supérieure des Inventions* ont émis l'avis qu'une expérimentation pratique de ce procédé serait des plus utiles, et, très prochainement, l'*Office national des Recherches*, de Bellevue, en collaboration avec le Service Technique des Constructions navales, va procéder à l'installation de cet appareil sur l'aviso *Étourdi*, prêté à cet effet par la Marine nationale.

RELATIVITÉ GÉNÉRALE. — *Sur l'évolution sphérique.*
Note de M. J. **Delsarte**, présentée par M. H. Villat.

Physiquement, le problème s'énonce ainsi : à l'instant initial, la matière est distribuée en couches concentriques homogènes, les vitesses initiales sont radiales et ne dépendent que du rayon, le dS^2 est donné, et il présente la symétrie sphérique; il s'agit de déterminer l'évolution ultérieure de l'univers.

La symétrie initiale se conservera. Dans le cas schématique, par exemple, comme nous l'avons indiqué dans une précédente Note [1], on pourra mettre le dS^2 sous la forme canonique

$$dS^2 = d\mu^2 - \frac{d\nu^2}{k^2 G^2 \varphi^4} - \varphi^2[du^2 + \cos^2 u \, dv^2];$$

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\mu}\right)^2 = -\frac{F(\nu)}{\varphi} + [F'(\nu)]^2 - 1; \qquad G = \frac{F'(\nu)}{k\varphi^2 \dfrac{\partial\varphi}{\partial\nu}};$$

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 534.

D'autre part le dS^2 initial est donné sous la forme

$$dS^2 = -\gamma_{11}\,d\alpha^2 + 2\gamma_{12}\,d\alpha\,d\beta + \gamma_{22}\,d\beta^2 - \varphi^2[du^2 + \cos^2 u\,dv^2];$$

$d\beta$ est la différentielle du temps local, α est une variable d'espace quelconque, $\gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{22}, \varphi$, ainsi que les composantes de la vitesse et la densité, sont des fonctions connues de α. Tout revient à déterminer ce qui se passe dans une variété $(\mu\nu)$, puisque toutes ces variétés sont identiques. Les conditions initiales permettent d'abord de trouver l'image de la ligne $\beta = 0$, sur le plan $(\mu\nu)$. Prenant comme variable indépendante l'arc réel σ de cette ligne, défini par

$$d\sigma^2 = \gamma_{11}\,d\alpha^2;$$

et désignant par $\theta = \pi/2 - i\tau$ (τ réel) l'angle imaginaire qu'elle fait en chacun de ses points avec la ligne d'univers qui en est issue, on a

$$\frac{d\mu}{d\sigma} = \operatorname{sh}\tau, \qquad \frac{d\nu}{d\sigma} = k\,G\,\varphi^2 \operatorname{ch}\tau;$$

qui déterminent l'image cherchée; ν et φ sont des fonctions monotones croissantes de ρ. Si l'on connaissait $F(\nu) = \alpha(\sigma)$ sur cette image, on aurait immédiatement, par intégration de la condition subsidiaire à ν constant, l'état de l'univers à tout instant; or on obtient sans peine, pour la fonction $\alpha(\sigma)$, l'équation différentielle suivante, où l'on a pris φ comme variable indépendante

$$(1) \qquad \frac{1}{\operatorname{ch}^2\tau}\left(\frac{d\alpha}{d\varphi}\right)^2 - 2k\varphi^2 G \frac{d\alpha}{d\varphi} + k^2\varphi^4 G^2\left[1 + \operatorname{sh}^2\tau\left(1 + \frac{\alpha}{\varphi}\right)\left(\frac{d\sigma}{d\varphi}\right)^2\right] = 0;$$

La discussion en est facile, voici les résultats : La variété $(\mu\nu)$ se partage en bandes parallèles à l'axe des μ, images des tubes d'univers issus des arcs de la ligne $\beta = 0$ portant de la matière. De part et d'autre de ces tubes règnent des champs de Schwarzschild de rayons gravitationnels différents. Au centre de l'univers se développe une cavité à champ minkowskien. Si sur une géodésique AX séparant un tube d'univers d'une région vide dans laquelle le rayon gravitationnel a pour valeur h, la somme

$$\varphi\left[\left(\frac{d\varphi}{d\sigma}\right)^2 - 1\right] + h$$

est suffisamment grande, on pourra prolonger sur toute la largeur de ce tube au moins une intégrale de l'équation (1), prenant la valeur $-h$ sur AX, et peut-être deux. Le problème est donc formellement déterminé,

mais il admet en général des solutions non uniformes. Pour qu'il ait une solution unique, il faut que les conditions initiales remplissent certaines inégalités.

On aboutit à des conclusions du même type dans le cas du fluide incompressible. Mais les conditions entraînant l'unicité et l'uniformité de la solution sont plus nombreuses et plus serrées.

Il semble donc que les problèmes d'évolution relativiste conduisent à des problèmes en général non uniformes, en nombre supérieur à un. Il n'y a uniformité et unicité que si les données initiales remplissent certaines conditions d'inégalité. Rien ne prouve d'ailleurs que ces conditions ne puissent pas devenir contradictoires pour des systèmes suffisamment compliqués.

CHALEUR. — *Sur la meilleure manière d'assurer un isolement thermique.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. A. Cotton.

Les installations frigorifiques devant, pour la plupart, fonctionner longtemps sans arrêt, peu importe que le régime des températures ait été long à s'établir. Ce qui compte, c'est la petitesse du flux de chaleur que laisse subsister l'isolant en régime permanent.

Mais lorsqu'il s'agit d'essayer, à l'intérieur d'un caisson, la tenue d'un matériel aux basses températures, pendant un temps très limité, il devient essentiel d'établir très rapidement le régime.

De tels caissons d'essai sont généralement réalisés, en recouvrant d'un calorifuge, un réservoir métallique que l'on a intérêt à rendre assez massif pour que la température y soit plus uniforme; la robustesse des parois est d'ailleurs nécessaire lorsqu'on doit combiner l'action d'une dépression à l'action du froid, ainsi qu'il arrive dans les essais aéronautiques.

Si le caisson est petit, on rend assez rapide l'établissement de la température de régime, en isolant faiblement; mais, lorsque le caisson est grand, on serait conduit, par ce gaspillage de frigories, à une machine si puissante, qu'il faut absolument réaliser un isolement soigné. La constante de temps devient alors considérable. D'où l'idée de placer le calorifuge à l'intérieur du caisson, dont les parois massives n'ont pas, ainsi, à être refroidies. Nous allons préciser dans quels cas cet artifice est avantageux.

Le radiateur de froid, maintenu à une température sensiblement constante par une circulation de pétrole, refroidit l'air du caisson, puis les parois solides. Soient h le coefficient d'échange thermique, par unité de

surface, entre le radiateur et la première paroi solide, l l'épaisseur du calorifuge, $c\rho$ sa chaleur spécifique volumique, k sa conductibilité, l' l'épaisseur moyenne des parois du caisson, $c'\rho'$ la chaleur spécifique volumique de la tôle qui les constitue.

La température de l'air est alors donnée par une série infinie de fonctions exponentielles du temps, la seule de ces fonctions qui garde une valeur notable, passé les premiers moments, ayant pour constante de temps $T = l^2 c\rho : ku^2$.

Lorsque le calorifuge est intérieur au caisson, u est la première racine différente de zéro, de l'équation $-u : \operatorname{tang} u = hl : k$, et la constante de temps correspondante est sensiblement $T_1 = l^2 c\rho (1 + k : hl)^2 : \pi^2 k$, Pratiquement, T_1 dépend très peu du coefficient h lié à la transmision du froid par le radiateur. T_1 est proportionnelle au carré de l'épaisseur du calorifuge, alors que l'isolement n'est proportionnel qu'à l'épaisseur. Enfin, on peut réduire fortement T_1 en choisissant un isolant peu compact.

Lorsque le calorifuge est extérieur, u est la première racine de l'équation $-u : \operatorname{tang} u = hl : k - u^2 l' c' \rho' : lc\rho$. Pour la discussion il faut considérer deux cas limites simples :

Si le calorifique est très léger ($lc\rho : l'c'\rho'$ petit), la constante de temps cherchée a sensiblement la valeur $T_2 = l'c'\rho' : (h + k : l)$. T_2 dépend, avant tout, de la capacité calorifique du caisson et de la transmission du froid par le radiateur. Ainsi T_2 augmente beaucoup si l'air se raréfie.

Si le calorifuge est compact ($4 l^2 c\rho : k\pi^2$, beaucoup plus grand que $l'c'\rho' : h$), on trouve pour T_2 la valeur approchée

$$\frac{l^2 c\rho}{\pi^2 k}\left(\frac{1 - \pi^2 k l' c' \rho' : h l^2 c\rho + k : hl}{1 - \pi^2 k l' c' \rho' : h l^2 c\rho}\right)^2,$$

peu supérieure à T_1 et dépendant peu de h. Les deux dispositions du calorifuge sont alors presque équivalentes.

Le coefficient h ayant la valeur 0,0001, la capacité calorifique au centimètre carré de la paroi de tôle étant $l'c'\rho' = 0,8$, pour un isolement réalisé avec une couche de *kapok* de 5^{cm} d'épaisseur ($c\rho = 0,008$, $k = 0,00009$) la constante de temps vaut, d'après le calcul, 313 secondes si le kapok est intérieur au caisson, et 6770, soit 20 fois plus, si le kapok est extérieur.

Un isolement de même valeur, réalisé avec du *liège*, beaucoup plus compact ($c\rho = 0,12$, $k = 0,00072$), donnerait 37600 secondes si le liège est intérieur, et la valeur à peine supérieure 42600 secondes s'il est extérieur.

Nous avons appliqué ces considérations, à la réalisation d'un grand caisson calorifugé, de 2^m de diamètre, et de $3^m,50$ de longueur, destiné aux expériences du Service des Recherches de l'Aéronautique.

Une couche de kapok, dont l'épaisseur a été portée à 15^{cm}, pour réduire la puissance de la machine frigorifique nécessaire, tapisse la paroi intérieure. L'air étant à la pression normale, le calcul indique une constante de temps de 2270 secondes. En fait, l'expérience a montré que l'écart de température entre le radiateur et l'air passait, en une demi-heure, de 50° à 10°, et qu'au bout de deux heures, l'air avait, à un degré près, sa température de régime. Le dépouillement de la courbe de refroidissement, passé les premières minutes, a donné 35 minutes pour la valeur de la constante de temps, en excellent accord avec le calcul. On a vérifié que le refroidissement restait presque aussi rapide, à basse pression, ce qui est encore conforme au calcul, la constante de temps devant atteindre seulement 2530 secondes à la pression correspondant à l'altitude de 10000^m, lorsque le coefficient h est passé de 0,0001 à 0,00005; et même si le givrage du radiateur abaissait encore h à 0,00003, la constante de temps ne serait encore que 2920 secondes.

Le calcul montre que si le calorifuge avait été extérieur, la constante de temps eût été, dans les trois cas envisagés, 7550, 14300, 22200 secondes; c'est-à-dire que, dans le dernier cas, la disposition adoptée a permis d'accélérer près de huit fois le refroidissement, et, encore, la grande épaisseur donnée à l'isolant pour des raisons accessoires, était-elle un élément défavorable.

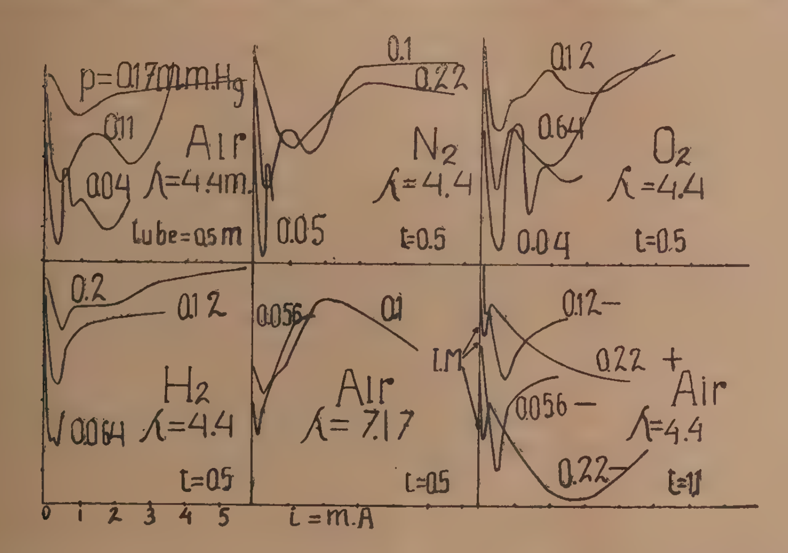
En résumé, pour faire un essai au froid d'une durée limitée, on a avantage à choisir un *calorifuge très peu compact*, et l'on accélère alors le refroidissement, dans des proportions sensationnelles, en mettant le calorifuge à l'*intérieur* du caisson d'essai.

IONISATION DES GAZ. — *Sur l'absorption d'énergie dans les gaz ionisés.* Note de M. TH. V. IONESCU et Mme IRÈNE MIHUL, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons ionisé le gaz dans deux tubes de 50 et 110^{cm} de longueur, 5^{cm} de diamètre, ayant des électrodes d'aluminium de 35^{mm} de diamètre. L'intensité du courant était réglée par un kénotron en série avec le tube, une dynamo de $2000 \times 0,6$ voltampères nous donnait le courant. Un résonateur composé d'une seule spire de 21^{cm} de diamètre était mis en réso-

nance avec un oscillateur Mesny, placé à 1^m de distance. Le tube passait par le centre de la spire. Nous avons fait des mesures dans la colonne négative du petit tube et dans les colonnes négative et positive du grand tube.

Par suite des variations du flux magnétique du résonateur, il y a dans le tube des lignes de force électrique fermées sur elles-mêmes. Dans quelques-unes de nos expériences, nous avons supprimé complètement les lignes



de force du condensateur du résonateur en enfermant ce condensateur dans un tube métallique mis à la terre.

Dans d'autres expériences, nous avons mis le résonateur à une distance de 1 à 2^m du tube; nous avons placé l'oscillateur au milieu. En produisant l'ionisation du gaz dans le tube, le courant dans le résonateur a très peu varié, ce qui montre que le tube absorbe l'énergie du résonateur et non celle de l'oscillateur.

Nous avons employé les longueurs d'onde $\lambda = 4^m,40$ et $\lambda = 7^m,17$ et différentes pressions. La plus petite pression pour chaque gaz était celle pour laquelle le courant passait par le tube. Les courbes montrent que l'absorption de l'énergie est une fonction de l'intensité du courant (en milliampères) qui passe dans le tube, de la nature et la pression du gaz, de la longueur d'onde et de la longueur du tube.

Dans la colonne positive l'absorption d'énergie se produit pour une intensité de courant plus grande que dans la colonne négative. Les mesures

faites par la méthode de Langmuir nous ont donné pour l'air, en accord avec les expériences antérieures, une densité d'ionisation plus petite dans la colonne positive (+) que dans la colonne négative (—). La densité d'ionisation n'est pas homogène dans la colonne négative et pourtant l'absorption d'énergie a lieu pour des valeurs de i bien déterminées.

Les courbes $t = 0,5$ et $\lambda = 7^{m},17$ nous montrent que pour l'air et pour de grandes valeurs de i l'énergie du résonateur est plus grande que pour $i = 0$; il en est de même pour les autres gaz étudiés avec la longueur d'onde $7^{m},16$.

Sur les courbes $t = 1^{m},10$, $\lambda = 4^{m},40$ on observe des absorptions marquées I. M. dont la position ne dépend pas de i; mais l'absorption n'apparaît qu'à une pression déterminée et elle augmente avec la pression.

M. C. Mihul et l'un de nous [1] avaient déjà montré l'existence dans les gaz ionisés de vibrations déterminées par la pression du gaz. Nous donnerons ailleurs une discussion plus complète ainsi que les résultats pour des pressions plus petites (obtenus avec un tube à filament chauffé).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur un régime de fonctionnement de cellules photoélectriques à atmosphère gazeuse.* Note de MM. **L. Dunoyer** et **P. Paounoff**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'un de nous a appelé « deuxième régime » de fonctionnement de certaines cellules photoélectriques [2] le régime caractérisé par le fait que, sous des éclairements d'une centaine à quelques centaines de lux, la loi de variation du courant avec la tension change plus ou moins brusquement, le courant augmentant d'une manière beaucoup plus rapide et atteignant des valeurs

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1008.

(2) L. Dunoyer, *Bull. Soc. fr. Phys.*, 1929, p. 89, S; *Conférences du Conservatoire des Arts et Métiers sur les Actualités scientifiques et industrielles*; Hermann, Paris, 1930; *La Cellule photoélectrique et ses applications; Congrès international d'électricité*, Paris, 1932, Rapport n° 36, 1re Section: *Les Cellules photo-électriques.* — Voir aussi G.-A. Boutry, *Comptes rendus*, **192**, 1932, p. 411-413, 620-622, 831-833, et *Journ. de Phys.*, **3**, 1932, p. 520-536.

Les cellules dont il s'agit sont constituées par une ampoule hémisphérique fermée par une fenêtre plane. La couche sensible (potassium sensibilisé par la décharge dans l'hydrogène) est déposée sur la paroi hémisphérique. L'anode est un fil rectiligne, à quelques millimètres de la face plane. Ces cellules établies par le premier d'entre nous, sont connues sous le nom de cellules SCAD série S.

qui ne sont réalisables avec d'autres cellules, sous le même flux incident, qu'en régime de décharge luminescente. Mais, alors que cette décharge est irréversible, en ce sens qu'elle ne cesse pas quand l'éclairement cesse, le deuxième régime reste contrôlé par l'éclairement.

L'opinion a été émise parfois que ce « deuxième régime » n'avait pas d'existence propre, et qu'il était l'effet apparent de pulsations faisant osciller le courant entre la décharge disruptive et le « premier régime », régime normal de fonctionnements des cellules. Pour étudier la question, il fallait disposer d'un galvanomètre à très courte période, et pourtant assez sensible pour permettre d'enregistrer photographiquement le courant photo-électrique sans faire usage de l'amplification par lampes qui pourrait introduire des complications supplémentaires. Une subvention de l'Académie nous a permis d'acquérir un excellent galvanomètre Kipp, permettant d'enregistrer le demi-microampère et de suivre, avec assez peu de déformation, un courant de 50 périodes par seconde. Ce sont les résultats des expériences que nous avons faites avec cet appareil que nous résumons ici très brièvement.

1° La tension variant de 0,5 volt par seconde, on n'a observé aucune pulsation dans le courant de deuxième régime.

2° Le deuxième régime ne dépend pas uniquement, pour une cellule donnée, de la tension mise en circuit, du flux incident, et, comme l'a montré Boutry, de la résistance intercalée. Il exige une période de préparation. Si, après un repos prolongé, on fait monter rapidement la tension d'une manière continue, le deuxième régime n'apparaît pas; le courant passe brusquement (sous flux pas trop intense) du premier régime ou régime normal, à la décharge luminescente irréversible. C'est seulement après un certain temps de fonctionnement que le deuxième régime apparaît lorsque la tension croît.

3° Lorsque la cellule a fonctionné d'une manière un peu prolongée en deuxième régime, ce régime disparaît de nouveau. Le courant passe de nouveau directement du premier régime à la décharge luminescente irréversible.

4° Si, après la période de préparation nécessaire et avant que l'état favorable à la production du deuxième régime n'ait disparu, on établit brusquement la tension en fermant le circuit, le courant n'atteint sa valeur définitive qu'après passage successivement par le premier régime, puis par le second (si, bien entendu, la tension est suffisante), chaque régime durant quelques centièmes de seconde.

5° Sous tension constante et flux lumineux constant, le deuxième régime n'est pas parfaitement stable. Si la tension est peu élevée au-dessus de celle pour laquelle il est apparu, le courant diminue progressivement et revient spontanément au premier régime. Si au contraire la tension est peu inférieure à celle pour laquelle la décharge irréversible se produit, le courant augmente lentement, et l'on s'aperçoit, au bout d'un certain temps, que la suppression de l'éclairement n'annule plus le courant; le régime de décharge luminescente est alors établi. Les intervalles de temps qu'exigent ces évolutions vont de quelques secondes à une heure environ.

6° Il résulte de là que la loi de variation du courant en fonction du flux lumineux sous tension constante est mal définie. D'après les expériences de Boutry (*loc. cit.*), le courant de deuxième régime varie beaucoup moins vite que le flux incident. Nous avons constaté que si la variation du flux lumineux est assez rapide, le courant est alors sensiblement proportionnel au flux.

L'ensemble de ces observations montre que le deuxième régime ne peut pas résulter uniquement de phénomènes d'ionisation se produisant dans l'atmosphère gazeuse de la cellule. Il doit correspondre à une augmentation du taux d'émission électronique de la cathode. Une augmentation de l'émission photo-électrique primaire, résultant d'une modification *progressive* de la couche sensible, n'expliquerait pas certains des faits que nous avons observés, notamment ceux auxquels se rapporte le paragraphe 4. Il nous semble nécessaire d'admettre que le bombardement de la couche sensible par les ions positifs est capable, lorsque ces ions atteignent une certaine vitesse, de produire une ionisation directe des atomes de cette couche, et par conséquent une émission électronique secondaire, non photo-électrique, rappelant celle qui se produit dans l'arc électrique. Il va de soi qu'une telle émission peut provoquer en outre une modification progressive de la couche augmentant sa sensibilité photo-électrique proprement dite.

Mais pour que le bombardement de la cathode par les ions positifs puisse avoir l'efficacité supposée, il faut que les charges d'espace, dans l'atmosphère gazeuse, et aussi les charges qui se répartissent, pendant le fonctionnement de la cellule sur les surfaces isolantes qu'elle comporte, aient la densité et la répartition convenables. On conçoit donc, sans que nous puissions rien dire de cette répartition, que la forme de la cellule, ainsi que la disposition des électrodes et des surfaces isolantes aient une importance considérable pour la production du deuxième régime.

PHOTOMÉTRIE. — *Mesure du facteur total de transmission des filtres colorés utilisés en photométrie hétérochrome.* Note de M. G. **Ribaud**, présentée par M. A. Cotton.

Des difficultés notables se présentent lorsqu'on se propose de mesurer, à partir des lampes étalons internationales à filament de carbone, l'intensité des lampes à filaments de tungstène, dont la température de couleur est sensiblement plus élevée.

Pour résoudre ce problème deux solutions ont été proposées :

1° On part d'un corps noir à température T_0 voisine de la température de couleur des lampes étalons à filament de carbone (2080° K.), on mesure sa brillance en bougies internationales; puis on réalise un corps noir à température plus élevée T, et l'on mesure le rapport des brillances monochromatiques des deux corps noirs pour une longueur d'onde particulière λ_0; la connaissance de ce rapport suffit au *calcul* de la brillance du corps noir à température T, en bougies internationales.

2° On peut, pour arriver au même résultat, utiliser un filtre violet qui transforme le rayonnement de la source de température de couleur T_0 en un rayonnement de température de couleur T; la difficulté se trouve alors reportée sur la mesure du facteur total de transmission de ce filtre pour le rayonnement incident [1].

Des mesures effectuées par les divers laboratoires nationaux sur des filtres violets permettant de passer de $T_0 = 2080°$ K. à $T = 2360°$ K. (lampes à filament de tungstène dans le vide) ont montré que la meilleure méthode de mesure du facteur de transmission ci-dessus est la méthode spectro-photométrique; toutefois, cette méthode laisse subsister, d'un laboratoire à l'autre, des écarts qui atteignent 1,7 pour 100 [2].

Un rapprochement entre les deux solutions indiquées plus haut nous a conduit à proposer, pour la mesure du facteur de transmission d'un filtre

---

(1) Sur ce sujet se reporter au Rapport n° 106 de M. Ch. Fabry au *Congrès international de l'éclairage de* 1931 (Cambridge).

(2) On remarquera que la mesure de τ, ainsi effectuée, comporte une mesure monochromatique et une mesure homochrome. L'adoption des facteurs de visibilité de l'œil moyen n'intervient que dans le calcul du rapport des deux intégrales. Signalons en outre qu'il suffit de connaître T_0 à quelques degrés près, le rapport des deux intégrales variant très peu avec T_0.

violet, la méthode suivante. On réalise deux corps noirs dont les températures sont voisines de T_0 et T, ensuite :

A. Pour une longueur d'onde λ_0 on mesure le rapport N_0 des brillances monochromatiques des deux corps noirs ; la mesure s'effectuera au spectrophotomètre ou au pyromètre à disparition de filament auxquels on associera un secteur tournant convenable ; si l'on pose $\lambda_0 \log_{10} N_0 = A$, le rapport N des brillances monochromatiques des deux corps noirs pour une longueur d'onde λ quelconque est donné par $N = 10^{A/\lambda}$, et le rapport des brillances lumineuses totales B et B_0 des deux corps noirs est donné par la formule

$$(a) \qquad \frac{B}{B_0} = \frac{\int_0^\infty \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}} 10^{\frac{A}{\lambda}} V_\lambda \, d\lambda}{\int_0^\infty \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}} V_\lambda \, d\lambda};$$

B. Sur le rayonnement du corps noir T_0 on interpose le filtre à étudier (facteur total de transmission τ) et sur le rayonnement du corps noir à T on place un secteur tournant de facteur de transmission t, de façon à amener les deux rayonnements transmis à avoir même brillance totale (la mesure s'effectuera au photomètre, ou au pyromètre optique sans son verre rouge), on peut alors écrire

$$(b) \qquad B \times t = B_0 \times \tau.$$

Le rapprochement entre les deux relations (a) et (b) montre immédiatement que le facteur τ est égal au produit de t par le rapport des intégrales figurant dans l'équation (a).

SPECTROSCOPIE. — *La structure de la raie K du bore.* Note de M. **A. Hautot**, présentée par M. Ch. Fabry.

La raie K du bore a été photographiée à différentes reprises; sa longueur d'onde est de 67 Å environ; la raie a été décrite comme une raie large dont la largeur totale est de 3 Å environ; un enregistrement publié par Söderman [1] donne la valeur 3 Å; Prins [2] donne une valeur un peu plus forte, 5 Å environ.

(1) Söderman, *Zeitschrift für Physik*, 65, 1930, p. 656.
(2) Prins, *Zeitschrift für Physik*, 69, 1931, p. 623.

J'ai pu photographier cette raie à l'aide d'un spectrographe très dispersif; la raie apparaît comme étant constituée par deux composantes. La composante de courte longueur d'onde, dont la largeur est de 0,6 Å environ, est d'intensité beaucoup plus faible que l'autre composante; celle-ci a une largeur totale de l'ordre de 2 Å; la distance entre les bords internes des deux composantes est de 1,25 Å. Les enregistrements microphotométriques permettent de penser que ces deux composantes sont elles-mêmes complexes, mais une confirmation de ce point exige de nouveaux essais, rendus difficiles par la faible intensité de la raie K du bore. La longueur d'onde correspondant au milieu de la raie la plus intense est 67,9 Å.

Dans deux Notes antérieures, dont la première fut publiée en collaboration avec Max Morand (1), j'avais décrit la structure fine de la raie K du carbone, le nouveau résultat consigné dans la présente Note permet bien de penser que les raies K de tous les éléments légers, depuis Be jusque O, qui avaient été jusqu'à présent observés sous l'aspect de raies larges (1 Å environ pour O, N et C; 3 Å pour B et 12 Å pour Be environ) présentent, au contraire, une structure complexe, mais ce fait ne pouvait être mis en évidence que par l'emploi de spectrographes très dispersifs tels que ceux que j'ai utilisés pour cette étude.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Appareil magnétique pour la détermination des épaisseurs.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Ch. Fabry.

La mesure continue et automatique de l'épaisseur de feuilles minces ou du diamètre de fils fins est un problème qui intéresse à la fois le laboratoire et l'industrie. Dans le cas très fréquent où la perméabilité magnétique de l'échantillon à mesurer est pratiquement égale à celle de l'air, on peut employer avec avantage le dispositif décrit ci-après dont la sensibilité est très grande.

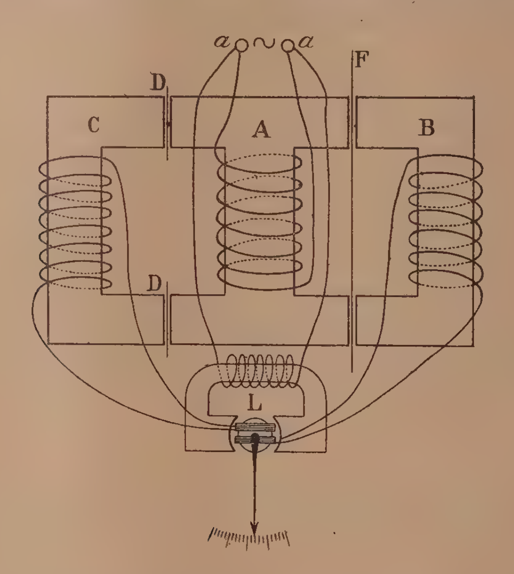
Soit un transformateur dont le circuit magnétique est composé de trois parties : A, B et C.

Le primaire de ce transformateur bobiné sur la partie A est relié à un réseau de distribution de courant alternatif *aa*, les parties B et C servent

(1) Max Morand et A. Hautot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1070; A. Hautot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1383.

de support à deux enroulements secondaires. On sait que, si l'on alimente sous tension alternative constante l'enroulement primaire, le flux total qui traverse le noyau A est sensiblement constant. Ce flux se répartit entre les branches B et C du circuit magnétique en raison inverse des réluctances des dérivations. Les pièces A, B et C étant découpées dans un métal de grande perméabilité magnétique, les réluctances dépendront presque exclusivement de la largeur des entrefers séparant B et C de A.

Les entrefers D entre A et C sont maintenus fixes à l'aide de cales de



matière non magnétique tandis que les entrefers entre A et B sont déterminés par l'interposition de la pièce F à mesurer. Dans ces conditions, le rapport des flux traversant B et C sera fonction de l'épaisseur de la pièce F. Ces flux engendreront dans les enroulements secondaires des forces électromotrices alternatives proportionnelles à leurs valeurs maxima et sensiblement en phase, de sorte que la mesure du rapport de ces forces électromotrices suffit à déterminer l'épaisseur de F.

On exécute automatiquement cette mesure en connectant les enroulements B et C aux cadres mobiles d'un logomètre Carpentier dont le circuit magnétique est alimenté par la tension alternative appliquée au primaire du transformateur. L'échelle de l'instrument est graduée directement en épaisseurs.

Par un dimensionnement convenable des enroulements et des différentes

parties du circuit magnétique, les indications peuvent être rendues pratiquement indépendantes des variations de fréquence et de tension du secteur alternatif qui alimente l'appareil. La stabilité de l'aiguille permet des lectures précises et l'on peut par ce dispositif déceler des variations d'épaisseur de l'ordre du dixième de micron. La sensibilité peut d'ailleurs être réduite à volonté par un shuntage convenable des enroulements. Signalons enfin que l'attraction magnétique entre les pièces A et B exerce sur l'échantillon à mesurer une pression bien définie pour une épaisseur donnée, ce qui est un élément nécessaire pour la précision des mesures comparatives.

Par sa sensibilité cet appareil est apte à mesurer également de très faibles déplacements d'une pièce mobile (dilatation d'un solide, variations d'épaisseur d'une capsule manométrique, etc.). L'appareil de mesure peut être situé à une distance quelconque du circuit magnétique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les modifications de l'anhydride phosphorique.* Note de MM. **K. Boratynski** et **A. Nowakowski.**

En révisant nos mesures des poids spécifiques de l'anhydride phosphorique cristallin et amorphes [1] nous avons trouvé les valeurs suivantes pour la température de 20° :

1° Le poids spécifique de la modification cristalline, déterminé dans le benzène, est $2,284 \pm 0,001$ et $2,283 \pm 0,001$ dans la benzine à point d'ébullition 120-150°.

2° Le poids spécifique de la modification amorphe, déterminé dans le benzène est $2,207 \pm 0,002$.

En conséquence, les dimensions de la cellule élémentaire de la forme cristalline que nous avions publiées [1] doivent être soumises à une révision.

Ces recherches ne peuvent être effectuées que par la méthode du cristal tournant.

---

[1] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 89. Dans cette Note, le diamètre du spectrographe doit être 114^{mm},6 au lieu de 111^{mm},6.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Précipitation rythmique dans les gels étirés.* Note de MM. **Augustin Boutaric** et **Jean Ratelade**, présentée par M. C. Matignon.

De nombreuses recherches ont été faites sur les précipitations rythmiques, dont la forme la plus connue est celle des anneaux de Liesegang. Mais le seul travail dont nous ayons eu connaissance concernant la formation de ces anneaux dans un milieu soumis à une tension est celui de MM. Burton et Bell (1). Ces auteurs produisaient des anneaux de Liesegang à la manière habituelle, mais la couche de gélatine imprégnée de bichromate de potassium était formée sur une feuille de caoutchouc qu'on soumettait à une tension avant dépôt de la goutte de nitrate d'argent. Les anneaux qui sont circulaires dans le cas de gélatine non étirée se transforment en ellipses dont le grand axe est parallèle à la direction de traction.

Nous nous sommes proposé d'étudier les précipitations rythmiques dans des feuilles de cellophane, que l'on peut considérer comme un gel dont la coagulation s'effectue sous tension, en sorte que les micelles qui le constituent sont orientées dans le sens de cette tension.

Une bande de cellophane d'environ 10^{cm} de long sur 2^{cm} de large étant placée sur une machine à étirer, de manière que la tension agisse dans le sens de l'étirement primitif, on l'humecte avec une solution contenant $0^{g},5$ de bichromate de potassium pour 100^{cm^3} d'eau, et on laisse sécher sous tension. La bande sèche, toujours soumise à l'action de l'étirement, est disposée verticalement de manière que son extrémité inférieure plonge dans une solution contenant 8^{g} de nitrate d'argent pour 100^{cm^3} d'eau, la direction d'étirement étant normale à la surface de la solution. Au bout de 24 heures, on peut observer, sur la partie qui ne plongeait pas dans le bain de nitrate, des bandes rouges de chromate d'argent parallèles à la surface liquide.

Ces bandes sont de plus en plus espacées à mesure qu'on s'éloigne de cette surface ; en outre, elles sont résolubles en un grand nombre de petites taches rouges dont les dimensions linéaires augmentent avec la distance à la surface du bain de nitrate et dont la forme est celle d'une ellipse ayant un grand axe parallèle à la direction d'étirement. Voici à titre d'indication les dimensions du grand axe et du petit axe de ces ellipses relevées, sur une des

(1) E. F. Burton et J. C. Bell, *Journal of Physical Chemistry*, 25, 1921, p. 526.

bandes de cellophane, à diverses hauteurs h au-dessus de la surface liquide :

h.	Grand axe.	Petit axe.
mm	mm	mm
0,6	0,007	0,004
2,4	0,027	0,011
6,1	0,112	0,022

On obtient des apparences analogues en disposant la bande de cellophane de manière que la direction d'étirement soit parallèle à la surface du bain de nitrate, mais les ellipses ont cette fois leur grand axe parallèle à la surface de la solution de nitrate. Dans toutes ces expériences on peut remplacer le bichromate par le chromate de potassium.

Ainsi la cellophane étirée fournit, comme les autres gelées, des précipitations rythmiques; mais les bandes obtenues sont résolubles en taches élémentaires de forme ellipsoïdale orientées dans le sens de l'étirement. Avec des films d'acétate de cellulose préparés par évaporation d'une solution acétonique et soumis à l'étirement, on obtient des résultats analogues. Des expériences sont en cours concernant la forme des anneaux, analogues aux anneaux de Liesegang, que fournit le dépôt d'une goutte de nitrate d'argent sur une feuille de cellophane imprégnée de bichromate de potassium et soumise à une tension.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des propriétés physiques et mécaniques des alliages magnésium-aluminium-cuivre, riches en magnésium.* Note [1] de MM. **A. Portevin** et **P. Bastien**, présentée par M. L. Guillet.

L'analyse thermique et l'étude micrographique de ces alliages [2] ont mis en évidence trois domaines distincts partant du sommet magnésium et respectivement à un, deux et trois constituants (*fig*. 1).

L'étude de la dureté des alliages coulés en sable et de la résistance électrique des alliages filés a permis de préciser l'étendue du domaine de solution solide : la limite $\alpha\beta$ (*fig*. 2 et 4) est, en particulier, très nettement indiquée; elle ne coïncide pas exactement avec la ligne $a'_1 a'_2$ donnée par l'analyse thermique, ce qui met en évidence l'existence possible d'alliages

(1) Séance du 27 février 1933.

(2) A. Portevin et P. Bastien, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 441.

susceptibles de traitements thermiques. Les figures 3 et 5 donnent, en perspective, les surfaces représentatives de la dureté et de la résistance électrique.

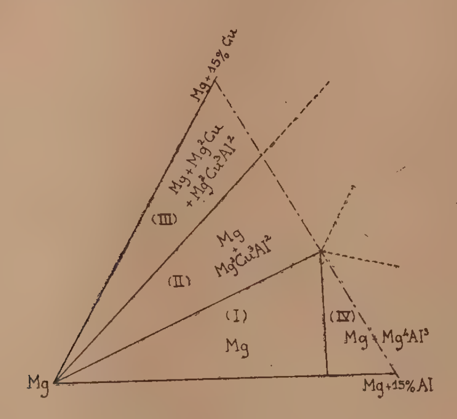


Fig. 1. — Nombre de phases en présence.

L'analyse dilatométrique a montré que tous les alliages ultra-légers Mg-Al-Cu (Al + Cu ≦ 15 pour 100) ont des coefficients de dilatation très

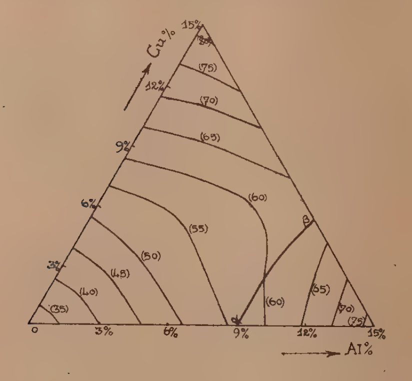


Fig. 2. — Lignes isosclères des alliages coulés en sable.

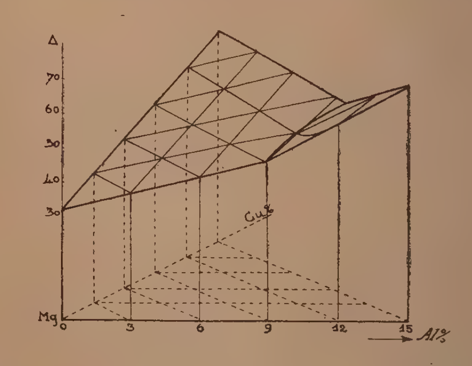


Fig. 3. — Surface des duretés.

voisins compris entre 25,8 et 27,8.10^{-6} : dans le domaine (I) de solution solide (*fig.* 1), l'addition d'aluminium augmente le coefficient de dilatation α, tandis que celle de cuivre le diminue légèrement. Dans les domaines II et III, l'addition de cuivre diminue α; dans le domaine IV, l'addition d'aluminium joue le même rôle.

Dans des conditions identiques de travail, on a pu forger les alliages magnésium-cuivre jusqu'à 15 pour 100 de cuivre et les alliages magnésium-aluminium jusqu'à 7 pour 100 d'aluminium, teneur correspondant à la solution solide saturée.

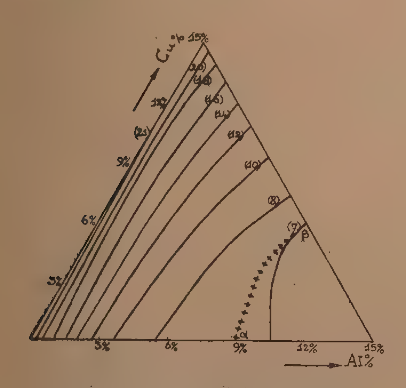


Fig. 4. — Lignes d'égale conductibilité électrique des alliages filés.

Fig. 5. — Surface des conductibilités électriques.

L'étude complète des propriétés mécaniques (essais de traction, de flexion statique et rotative, de résilience) a été faite sur alliages bruts de coulée en sable et en coquille, filés et forgés, de mêmes compositions chimiques. Elle a mis en évidence des alliages possédant à l'état filé des caractéristiques de l'ordre de

$$R = 28 \text{ à } 30 \text{ kg/mm}^2,$$
$$A\,\% = 17 \text{ à } 20,$$
$$\rho = 0{,}90 \text{ à } 1{,}20 \text{ kgm/cm}^2.$$

Les propriétés sont en relation avec le diagramme d'équilibre des alliages : si l'on considère les sections Cu = const. des alliages ternaires, les résistances à la traction R_t et à la flexion R_f croissent avec la teneur en aluminium dans les domaines I, II et III et décroissent dans le domaine IV. Il existe un parallélisme étroit entre les courbes de la résilience en fonction de la composition et celles de la flèche de rupture dans l'essai de flexion statique.

Pour les alliages ultra-légers bruts de coulée, qui, pour la plupart, ont de faibles allongements de rupture, l'essai de flexion statique est beaucoup plus précis que l'essai de traction; comme, d'autre part, la résilience et la flèche de rupture varient parallèlement, l'essai de flexion statique est l'essai

de choix à préconiser pour les alliages à base de magnésium, bruts de coulée.

Dans des conditions identiques d'essai à la flexion rotative, divers alliages notamment ceux contenant

Mg = 88 %, Al = 9 %, Cu = 3 %, ou Mg = 85 %, Al = 9 %, Cu = 6 %

ont donné à l'état filé des résultats de l'ordre de ceux obtenus sur alliages du type « duralumin » (« limites de fatigue » de 12 à 13 kg/mm²).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du degré d'écrouissage à l'étirage sur la limite de fatigue de l'acier doux.* Note de M. **R. Cazaud**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai exposé [1] quelques résultats relatifs à l'influence du recuit, de la surchauffe et de l'écrouissage au point de vue de la résistance à la fatigue de l'acier extra-doux.

Reprenant ces premières déterminations avec la même méthode expérimentale que précédemment (flexion rotative), j'ai cherché à préciser l'influence du degré d'écrouissage.

Ces essais ont été effectués pour le Service des Recherches de l'Aéronautique dans les Laboratoires de ce Service.

L'acier étudié était de l'acier Martin de composition suivante

C.	Mn.	Si.	S.	P.
0,18	0,59	0,14	0,025	0,020

Les éprouvettes de flexion rotative du modèle adopté par le Service des Recherches de l'Aéronautique ont été prélevées dans quatre barres cylindriques de 20^{mm} de diamètre, différemment écrouies par étirage à froid.

Les conditions d'étirage de ces barres, les caractéristiques mécaniques et les résultats des essais de fatigue ont été les suivants :

Barre n° 1. — Barre initiale laminée de 22^{mm} de diamètre étirée à $20^{mm},9$, recuite à 900°, refroidissement à l'air calme, étirée finalement à 20^{mm}.

Caractéristiques mécaniques : $E = 40$; $R = 49,5$; $A\,\% = 27,1$; $\rho = 19,4$; $\Delta = 130$.

---

[1] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1558.

Essais de fatigue :

Effort kg/mm².	Nb. alternances.	Observations.
30,6	55800	rupture
30,5	54600	»
27	217400	»
25,9	858900	»
24,7	1638000	»
24,5	104620000	pas de rupture
23,8	118034000	»

La limite de fatigue f est égale à 24,6 kg/mm², $f/R = 0,496$, $f/E = 0,615$.

Barre n° 2. — Barre initiale laminée de 23mm étirée à 21mm,75, recuite comme ci-dessus et étirée finalement à 20mm.

Caractéristiques mécaniques : $E = 46,5$; $R = 52$; $A\ \% = 20$; $\rho = 20,1$; $\Delta = 153$.

Essais de fatigue :

Effort kg/mm².	Nb. alternances.	Observations.
33,9	36000	rupture
32	65900	»
30,5	106200	»
30	138700	»
27	445400	»
26	3441200	»
25,9	4773100	»
25,4	5894700	»
25	103709700	pas de rupture

La limite de fatigue est de 25,2 kg/mm² environ, $f/R = 0,485$, $f/E = 0,54$.

Barre n° 3. — Barre initiale laminée de 25mm, étirée à 22mm,55, recuite comme ci-dessus, étirée finalement à 20mm.

Caractéristiques mécaniques : $E = 55$; $R = 57,7$; $A\ \% = 13,6$; $\rho = 16$; $\Delta = 160$.

Essais de fatigue :

Effort kg/mm².	Nb. alternances.	Observations.
36,4	45400	rupture
34,6	67900	»
34,5	83500	»
30	2562700	»
28,4	56290700	»
28,1	105065000	pas de rupture
27	103021000	»

La limite de fatigue est de 28,3 kg/mm². $F/R = 0,49$; $f/E = 0,515$.

Barre n° 4. — Barre initiale laminée de 25mm, étirée à 23mm,45, recuite et étirée finalement à 20mm.

Caractéristiques mécaniques : $E = 56$; $R = 61$; $A\ \% = 10$; $\rho = 14,3$; $\Delta = 168$.

Essais de fatigue :

Effort km/mm².	Nb. alternances.	Observations.
35,5	105 100	rupture
34,2	282 500	»
33,5	214 500	»
32,5	650 100	»
32,1	782 300	»
31	4 812 800	»
29,4	47 698 100	»
29,1	104 174 000	pas de rupture
28,1	105 410 000	»

La limite de fatigue est de 29,3 kg/mm² environ ; $f/R = 0,48$; $f/E = 0,525$.

De l'ensemble de ces résultats, on déduit que la limite de fatigue a augmente d'une façon sensiblement proportionnelle à la charge de rupture R et à la limite apparente d'élasticité E.

L'intérêt de l'écrouissage, au point de vue de la résistance à la fatigue, apparaît donc très net, du moins dans les limites d'écrouissage qui ont été étudiées ici.

On observe également que les courbes de fatigue (représentant les efforts et les nombres d'alternances produisant la rupture) offrent une courbure d'autant plus grande que l'écrouissage est plus important.

Pour l'état recuit, la courbe de fatigue est au contraire formée de deux deux segments de droites très accusés.

Les caractéristiques mécaniques étaient pour cet état :

$$E = 29,5, \quad R = 46, \quad A\,\% = 33, \quad \rho = 18, \quad \Delta = 121.$$

La limite de fatigue était de 23 kg/mm², correspondant à $f/R = 0,505$ et $\rho/E = 0,78$.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Relation entre l'absorption des rayons β par les composés organiques et la structure moléculaire de ces derniers : dérivés halogénés*. Note de MM. **Georges Fournier** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Georges Urbain.

Désignons encore [1] par Δ l'écart entre le coefficient massique d'absorption observé et le coefficient calculé.

---

[1] G. Fournier et M. Guillot, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 412.

L'étude d'un certain nombre de dérivés chlorés et bromés nous fournit les résultats suivants :

Dérivés chlorés.	$\Delta = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs.} - \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc.}$	Dérivés bromés.	$\Delta = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs.} - \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc.}$
CCl^4	2,85		
$CHCl^3$	2,7	$CHBr^3$	4,15
CH^2Cl^2	2,5		
CH^3CH^2Cl	2,1	CH^3CH^2Br	3,3
$CH^3CH^2CH^2Cl$	2,5	$CH^3CH^2CH^2Br$	3,6
$CH^3CH^2CH^2CH^2Cl$	2,6	$CH^3CH^2CH^2CH^2Br$	3,7
C^6H^5Cl	2,1	C^6H^5Br	3,2
$C^6H^5CH^2Cl$	2,3		
$CHCl = CHCl$	2,1		
$CHCl^2 - CHCl^2$	3,1		
		$CH^2Br - CH^2Br$	3,9
C^6H^5COCl	2,3		
$CH^2ClCOOC^2H^5$	2,8		

Rapprochons ces résultats de ceux qui concernent quelques composés correspondants non halogénés :

Composés.	$\Delta = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs.} - \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc.}$
C^6H^6	1,35
$C^6H^5CH^3$	1,4
$CH^3COOC^2H^5$	2,2
$CH^3CH^2CH^2CH^3$	1,8 (par extrapolation)

L'examen de ces résultats montre que :

1° La substitution d'un halogène à un hydrogène dans un carbure (ou un éther-sel) provoque une augmentation de l'écart Δ, plus grande pour Br que pour Cl, et qui varie peu d'une molécule à l'autre. On a en effet :

$\Delta(C^6H^5Cl) - \Delta(C^6H^6)$	0,75
$\Delta(C^6H^5CH^2Cl) - \Delta(C^6H^5CH^3)$	0,9
$\Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Cl) - \Delta(CH^3CH^2CH^2CH^3)$	0,8
$\Delta(CH^2ClCOOC^2H^5) - \Delta(CH^3COOC^2H^5)$	0,6
$\Delta(C^6H^5Br) - \Delta(C^6H^6)$	1,85
$\Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2CH^2CH^3)$	1,9

2° La substitution d'un brome à un chlore provoque une augmentation sensiblement constante de l'écart Δ :

$\Delta(CH^3CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2Cl)$	1,2
$\Delta(CH^3CH^2CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2CH^2Cl)$	1,1
$\Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Cl)$	1,1
$\Delta(C^6H^5Br) - \Delta(C^6H^5Cl)$	1,1

Dans le cas d'une triple substitution, l'écart Δ, sans être triplé, est nettement plus important :

$$\Delta(CHBr^3) - \Delta(CHCl^3) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1,45$$

3° L'écart Δ augmente régulièrement quand, dans une même molécule, on remplace successivement plusieurs atomes d'hydrogène par des atomes d'halogène : CH^2Cl^2 : 2,5 ; $CHCl^3$: 2,7 ; CCl^4 : 2,85.

4° L'effet dû à l'allongement de la chaîne, signalé par nous dans le cas des carbures (1), se retrouve dans leurs dérivés halogénés :

Radical.	Δ dérivé chloré.	Δ dérivé bromé.
Éthyle	2,1	3,3
Propyle	2,5	3,6
Butyle	2,6	3,7

5° L'effet dû à la double liaison, décelé par nous dans les carbures, se retrouve également dans leurs dérivés halogénés, puisque

$$\Delta(CHCl = CHCl) = \Delta(CH^3CH^2Cl) = 2,1.$$

On voit que l'*augmentation* de l'écart Δ due à l'introduction d'un second atome de chlore dans la molécule est compensée par la *diminution* produite par l'introduction de la double liaison.

6° Nous avons montré antérieurement ([1]) que l'écart Δ est nul dans les bromures cristallisés à réseau ionique (KBr, AgBr), tandis que le brome pur, liquide, présente un écart Δ égal à 3,0. L'atome de brome des bromures organiques (présentant un écart Δ supérieur à 3,0) se rapproche donc plus du brome *corps simple* que du brome *ionisé* de KBr. Ce résultat est en accord avec le fait expérimental que les bromures organiques sont plus difficilement ionisables que la molécule de brome pur liquide, elle-même beaucoup moins ionisable que le bromure de potassium (totalement ionisé dans toutes les conditions).

([1]) G. Fournier et M. Guillot, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 171.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *La manufacture de soude de Nicolas Leblanc.* Note de M. **Paul Baud**, présentée par M. Camille Matignon.

Les cérémonies qui se sont déroulées à Mende, en août dernier, à la mémoire de Jean-Antoine Chaptal, ont ramené l'attention de l'Académie sur les fondateurs de la Grande industrie chimique en France. Nous avons pensé qu'il pourrait être ainsi de quelque intérêt de reconstituer, sur des pièces d'archives, la « manufacture » de Nicolas Leblanc [1], considérée jusqu'ici comme la première soudière.

Cette usine s'élevait, au lieudit Maison de Seine [2], entre le fleuve et l'enceinte fortifiée de la ville de Saint-Denis (Franciade en 1791), avec « face d'entrée sur le chemin pavé du port », soit sensiblement à la hauteur et à l'ouest de la gare actuelle. Sur un espace de 2 arpents et demi [3], clos de gros murs, s'étendaient plusieurs bâtiments (hangars, maison d'habitation) montés en partie au cours de 1790, après dépôt chez le notaire Brichard [4] d'un « paquet » contenant la description de deux procédés [5], mais avant l'acte définitif passé entre Philippe d'Orléans, H. Shée, N. Leblanc et J. J. Dizé [6].

La soudière proprement dite comptait trois unités [7] et les frais d'installation s'étaient élevés à 100 000 livres [8].

Dans un premier atelier (10×10^{m}), un moulin en « pierre de taille » avec cylindre

---

(1) Toutes les pièces signées de la main de Nicolas Leblanc, que nous avons eues sous les yeux, notamment la formule du serment prêté le 7 octobre 1792, portent Leblanc et non Le Blanc (Arc. Nat. F^{12} 2243).

(2) La carte de Cassini n'indique que des moulins et le plan manuscrit de Troquet et Richelot (1810), comme d'ailleurs le plan levé par Rougeot (1812), ne porte aucune mention de l'usine (cf. Bibl. municip. de Saint-Denis, S. D. C. 31 *bis*).

(3) Mesures de Paris, soit environ 85 ares.

(4) Le 27 mars 1790.

(5) Nicolas Leblanc, *Conversion du sel marin en soude;* J.-J. Dizé, *Fabrication du blanc de plomb.*

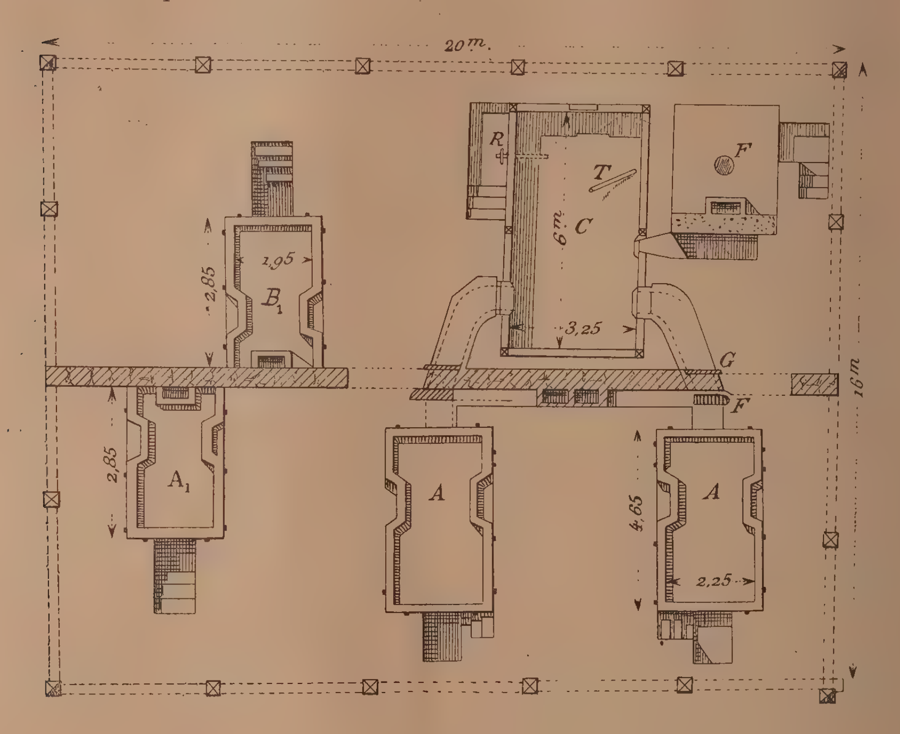
(6) Le 27 janvier 1791. Cf. Aug. Anastasi. Nicolas Leblanc, *Sa vie, ses travaux*, Paris, Hachette, 1884, p. 184.

(7) Cf. *Description de divers procédés pour extraire la soude du sel marin*, faite en exécution d'un arrêté du Comité de Salut public du 8 pluviôse an II. Paris, Imp. du Comité de Salut public. In-4° (80 pages + 11 figures).

(8) Lettre de Nic. Leblanc et de J. Dizé au Comité de Salut public, 26 messidor an II (Arc. Nat. F^{12} 2243).

de fonte, entraîné par un manège, servait au broyage du « muriate de soude vitriolisé » et de la craie de Meudon, par suite à la préparation du mélange à introduire dans le four où le sulfate « se métamorphosait en soude ». La fabrication du sulfate neutre se réalisait :

a. Pour un premier stade (SO^4NaH), dans deux fourneaux en briques de Bour-



gogne avec « armures de fer », A, à « salle horizontale, recouverte d'une lame de plomb, relevée de quatre pouces sur ses bords », fours munis chacun de trois ouvreaux, deux pour le « muriate », un pour l'acide sulfurique;

b. Pour un second stade ($SO^4NaH \rightarrow SO^4Na^2$) dans un four A_1.

Le four à soude était monté dans le troisième atelier, B, et chaque opération portait sur 400 livres du mélange : sulfate, charbon et craie. Le « sel ammoniac » constituait un sous-produit de valeur. En effet, par le jeu de deux registres, F et G, les vapeurs d'acide « marin » s'envoyaient dans une chambre de plomb, de 60^{m^3} environ, pour s'y trouver au contact « d'alcali volatil » donné par la combustion de matières animales dans trois cylindres horizontaux (longueur, $3^m,40$; diamètre, $0^m,40$). Les vapeurs alcalines se rassemblaient à la tête du « fourneau » C dans une canalisation de plomb et un « éolypile », enchâssé dans la voûte, F, produisait de la vapeur d'eau amenée dans la chambre C par une tubulure T.

Du rapport des Commissaires nommés le 8 pluviôse an II (¹) et de la lettre déjà citée de N. Leblanc et J. Dizé, il apparaît que l'usine pouvait donner, par journée de travail, 1500 livres de soude « brute ». Quand elle fut mise sous séquestre (²), elle ne disposait pas d'une « saline » ou atelier de lessivage : l'activité des associés se limitait encore à la fabrication d'un produit comparable à la bonne « soude d'Alicante » — de 45 à 50 livres de « soude calcinée » par quintal vendu à Paris, 30 livres en 1790 — et, sans doute, auraient-ils livré à la consommation la soude « cristallisée » et la « soude à siccité », après avoir construit une vitriolerie, « l'emplacement de la chambre et du fourneau en étant déjà marqué » (³).

Des analyses d'Alexandre Giroud, il résulte qu'un quintal de produit brut donnait en moyenne 40 livres de « soude sèche ». C'est un rendement qu'acceptaient encore, vers 1880, certaines usines anglaises ou allemandes, et l'on doit reconnaître, avec Payen, que Leblanc, avait établi « avec précision, par la voie expérimentale, les doses que la théorie est venue justifier depuis... » (⁴).

Mais dans quelle mesures Chaptal, Guyton de Morveau, Carny, etc. n'avaient-ils pas effectué des essais semi-industriels avant 1791? C'est là une question que nous proposons actuellement d'éclaircir.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation des acides phosphorique, arsénique, vanadique d'avec l'alumine*. Note de MM. **A. Travers** et **Lu**, présentée par M. Matignon.

Ce problème se pose dans l'analyse des vanadinites, comme dans celle des apatites, en raison de l'isomorphisme des chlorophosphates, chloroarséniates, chlorovanadates; la présence de la gangue, qui renferme toujours de l'alumine, entraîne une difficulté de plus.

La séparation des acides phosphorique et vanadique, proposée par Treadwell (⁵) n'est pas correcte. L'auteur réduit d'abord le vanadium à l'état tétravalent et précipite ensuite le phosphore en milieu *nitrique*, sous

---

(¹) Darcet, Pelletier et Lelièvre qui s'adjoindront A. Giroud pour les analyses.

(²) Le 8 pluviôse an II. Philippe Égalité avait été exécuté le 6 novembre 1793.

(³) Cf. *Lettres des Administrateurs de la Seine*, 8 pluviôse an VII (Arch. Nat., F¹² 2243).

(⁴) A. Payen, *Précis de Chimie industrielle*, 1, p. 298 (Paris, Hachette, 1859).

(⁵) Treadwell, *Chimie analytique*, 2, 1925, p. 228.

forme de phosphomolybdate d'ammoniaque; or, les sels de vanadyle (V^{IV}) sont lentement oxydés, même à froid par l'acide nitrique concentré, et le dosage du phosphomolybdate est rendu de ce chef incorrect.

On peut séparer le vanadium très facilement du phosphore en le volatilisant sous forme de $VOCl^3$ par l'acide chlorhydrique à 400°. Le phosphore ne donne l'oxychlorure qu'avec du chlore *naissant*.

Dans ces conditions, le dosage de l'acide phosphorique est rendu correct. En effet, l'acide arsénique est également volatilisé vers 450° par l'acide chlorhydrique gazeux, et il ne reste dans la nacelle que l'acide phosphorique et l'alumine (le fer est volatilisé si l'on chauffe à 800°).

La séparation de l'acide phosphorique et de l'alumine peut être exécutée par la méthode donnée par l'un de nous [1].

Le dosage de l'acide vanadique en présence des autres acides ne présente aucune difficulté : après fusion du minerai au bisulfate et reprise par l'eau, on oxyde le vanadium tétravalent en acide vanadique par du brome dont on chasse l'excès. On réduit ensuite V^2O^5, soit par $TiCl^3$ [2], soit par SO^4Fe en présence de diphénylamine [3].

Le dosage *direct* de l'arsenic ne présente pas non plus de difficultés (réduction de As^2O^5 et volatilisation de As^2O^3 par ClH en solution concentrée).

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du néodyme métallique exempt de fer et de silicium.* Note [4] de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Georges Urbain.

Après de nombreux essais d'électrolyse de chlorures fondus dans différentes conditions, nous avons pu réaliser un dispositif favorable à la production d'un dépôt de métal compact et réunir les éléments nécessaires à l'obtention d'un métal pur.

Successivement le cérium [5], le lanthane [6] et actuellement le néodyme ont pu être préparés par la même méthode.

---

(1) A. Travers, *Ann. Chim.*, 33, 1923, p. 539.
(2) Travers, *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 289.
(3) Furman et Someya, *Ind. and Eng. Chemy*, 17, 1925, p. 314.
(4) Séance du 27 février 1933.
(5) Maurice Billy et Félix Trombe, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 421.
(6) Félix Trombe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1653.

Le néodyme métallique a été préparé par électrolyse de son chlorure fondu par Muthmann, Hofer et Weiss ([1]). Les auteurs ajoutent au bain de chlorure de néodyme fondu une petite quantité de chlorure de baryum qui diminue la conductibilité du bain; ils utilisent de 35 à 50 ampères sous 20 à 25 volts. Muthmann et Weiss ([2]), emploient une cathode de fer; le métal obtenu en contient; le courant utilisé est de 95 à 100 ampères sous 15 à 22 volts.

En 1925, H. C. Kremers ([3]) électrolyse le chlorure de néodyme avec une petite quantité de chlorure de sodium et poursuit l'opération assez longtemps pour réduire le sous-chlorure de néodyme qui se forme au début; presque tout le métal préparé par lui contient de 3 à 4 pour 100 de fer.

Il donne des constantes

Dureté Brinell 250^{kg}, bille de 5^{mm}..........	70
Densité à 15° (métal à 3 pour 100 de fer)...	7,05

L.-L. Quill ([4]) a récemment étudié au moyen des rayons X du néodyme préparé par Kremers par électrolyse du chlorure de néodyme pur. Il a indiqué que ce métal est ductile et possède une densité calculée de 6,991.

Pour entreprendre nos essais M. Takvorian a pu mettre à notre disposition du nitrate double de magnésium et de néodyme pur.

La préparation du chlorure anhydre exempt d'oxychlorure a présenté plus de difficultés que celle des chlorures des métaux précédemment cités; le temps de contact à 800° du chlorure impur et du courant de gaz chlorhydrique sec a dû être porté de 6 heures à 24 heures pour obtenir un sel absolument exempt d'oxygène.

Pour l'obtention du métal, la quantité de sel utilisé par opération a varié de 25^g à $4^g,5$; le bain étant comme dans les essais antérieurs composé de 60 pour 100 de chlorure anhydre de terre rare, 35 pour 100 de chlorure de potassium fondu et 5 pour 100 de fluorure de calcium précipité.

Le dispositif opératoire est composé essentiellement d'un creuset de carbone anode contenant dans sa partie inférieure un petit creuset (*b*) de quartz ou de porcelaine de fluorine ([5]); la cathode tournante en molybdène protégée dans sa partie supérieure par un tube de même manière que le creuset (*b*) plonge en partie dans celui-ci.

La densité de courant à la cathode a été maintenue entre 9 et 10 amp. par cm^2.

([1]) Muthmann, Hofer et Weiss, *Liebigs Ann.*, 320, 1902, p. 231.
([2]) Muthmann et Weiss, *Liebigs Ann.*, 331, 1904, p. 146; 355, 1907, p. 116.
([3]) H. C. Kremers, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 47, 1925, p. 365.
([4]) L. L. Quill, *Z. anorg. Chem.*, 208, 1932, p. 273.
([5]) Damiens, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1235.

La température d'électrolyse donnant les meilleurs résultats est comprise entre 1040 et 1060°C.

La variation de la tension d'électrolyse paraît avoir une grande influence sur le rendement en métal compact, sa densité et son action sur l'eau à froid.

Tension d'électrolyse.	Rt en métal. Pour 100.	Densité.	Densité après refusion.	Action sur H^2O à froid.	Action sur H^2O à froid après refusion.
8 volts	7	6,94	6,94	pas d'attaque	pas d'attaque
10 »	12	6,80	6,935	dég. gazeux	»
16 »	40	6,74	6,89	» gazeux rapide	»

D'après les indications du tableau précédent il apparaît nettement que l'élévation de la tension d'électrolyse, provoquant une distillation plus importante du sous-chlorure de néodyme formé et par conséquent une grande amélioration du rendement, introduit aussi une petite quantité de potassium dans le métal; si l'on élimine le potassium par chauffage dans un vide élevé à 1200°, on retrouve la densité du métal préparé sous basse tension. Le métal préparé en creuset de quartz contient 0,6 pour 100 environ de silicium; le métal préparé en porcelaine de fluorine, dont le spectre d'arc a été examiné par MM. Pied et Châtelet, contient moins de 1/2000e de silicium et des traces spectrographiquement très faibles de calcium.

La teneur en fer est de l'ordre de 0,02 pour 100.

Nous indiquons pour le métal que nous considérons comme pur :

La densité dans le tétrachlorure de carbone à 15° par rapport à l'eau à 4° est de 6,94.

La dureté Brinell, 200^{kg}, bille de 5^{mm}, est de 60.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des carbures acétyléniques vrais par l'oxyde sélénieux : Préparation d'alcools α acétyléniques.* Note (1) de M. R. Truchet, présentée par M. Matignon.

On sait depuis longtemps que l'oxyde sélénieux, SeO^2, réagit sur un grand nombre de substances organiques avec précipitation de sélénium. Mais ce n'est que tout récemment que Riley, Morley et Friend (2) ont isolé des produits d'oxydation définis en étudiant l'action de ce composé sur les

(1) Séance du 20 février 1933.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 1875.

aldéhydes et les cétones. Ces auteurs ont montré que l'attaque portait sur le CH^2 voisin de la double liaison $C=O$, avec substitution des deux atomes d'hydrogène par un atome d'oxygène : on obtient ainsi des α dicétones ou des aldéhydes α cétoniques.

Tout dernièrement MM. Schwenk et Borgwardt [1], d'une part, MM. Dupont, Dulou et Allard, d'autre part, ont montré qu'une réaction du même genre avait lieu avec les carbures éthyléniques : il y a encore remplacement des deux hydrogène du groupe CH^2 voisin de la double liaison par un atome d'oxygène, avec formation de cétone α éthylénique. La réaction donne de bons rendements (30 pour 100) en série terpénique et permet, en particulier, de passer facilement du pinène à la verbénone.

Enfin MM. Riley et Friend [2] ont montré que ces réactions de substitution n'étaient pas les seules qui pouvaient donner SeO^2, et qu'avec l'acétylène, il y avait addition de 2 atomes d'oxygène sur la triple liaison, d'où formation de glyoxal CHO-CHO (rendement 6 pour 100).

Je me suis proposé d'étudier l'action de cet agent d'oxydation sur les carbures acétyléniques vrais et de rechercher s'il y avait soit addition, comme dans le cas de l'acétyléne, soit attaque du CH^2 voisin de la triple liaison, avec substitution de H^2 par O, comme dans le cas des éthyléniques.

Pour élucider le premier point j'ai traité le phénylacétylène par une solution alcoolique d'oxyde de sélénium à l'ébullition pendant 4 heures. Au bout de ce temps la liqueur était restée limpide, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas eu formation de sélénium, donc pas eu d'oxydation de la matière organique. D'ailleurs un entraînement à la vapeur d'eau a permis de récupérer la totalité du phénylacétylène utilisé : l'addition d'oxygéne sur la triple liaison acétylénique n'est donc pas un phénomène général.

Pour étudier le second point, j'ai utilisé deux carbures de la série grasse : l'heptyne $CH^3-(CH^2)^4-C\equiv CH$ et l'octyne $CH^3-(CH^2)^5-C\equiv CH$. Le mode opératoire auquel je me suis arrêté est le suivant : Le carbure acétylénique (2^{mol}) est versé dans une solution alcoolique d'oxyde de sélénium (1^{mol}), que l'on fait bouillir, pendant 3 heures, au réfrigérant ascendant. La solution, limpide au début, devient vite rouge foncé et laisse déposer du sélénium. A la fin de la réaction, on entraîne à la vapeur d'eau, extrait à l'éther le distillat, sèche sur SO^4Na^2, et distille, d'abord dans l'air pour

---

(1) *Ber. Deut. Ges.*, 65, 1932, p. 1601.
(2) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 2344.

récupérer une petite quantité de carbure non attaqué, puis dans le vide.

L'heptyne donne ainsi un liquide huileux, légèrement coloré en jaune, d'une odeur écœurante. éb. 67° sous 18mm; $n_{20}^{D} = 1,443$; $D_{20} = 0,870$.

Or ces constantes, pas plus d'ailleurs que la combustion, ne s'accordent avec les chiffres que l'on doit attendre pour la cétone $C^4H^7 - CO - C \equiv CH$. De plus le produit ne réagit sur aucun des réactifs des cétones : La réaction n'a donc pas lieu comme dans le cas des carbures éthyléniques.

Les raisons suivantes montrent que le corps obtenu est un alcool secondaire

$$CH^3 - (CH^2)^3 - CHOH - C \equiv C - H.$$

1° La réfraction moléculaire trouvée (34,12) s'accorde bien avec cette hypothèse [théorie : 34,05].

2° La combustion donne des chiffres en bon accord avec la théorie.

3° Par action du chlorure de benzoyle, en présence de potasse, on obtient (mais avec un mauvais rendement) un éther benzoïque, passant à 154-156° sous 18mm, qui précipite le chlorure cuivreux ammoniacal.

4° Le corps précipite le chlorure cuivreux ammoniacal en donnant un précipité rouge orangé, et le nitrate d'argent ammoniacal en donnant un précipité blanc. Un dosage d'argent effectué sur ce précipité a donné un poids moléculaire de 386, alors que le chiffre prévu pour $C^7H^{12}OAg.NO^3Ag$ est 389.

5° Le corps réagit sur les magnésiens avec dégagement gazeux et un dosage des hydrogènes mobiles par la méthode de Zerewitinoff montre qu'il y a à chaud 2H mobiles, dans la molécule [volume observé 92,6 pour 100 de la théorie].

Cet ensemble de résultats ne laisse donc aucun doute sur l'existence des deux fonctions : alcool secondaire et acétylénique vrai. La position respective de ces deux fonctions a été fixée par oxydation permanganique, qui a donné l'acide valérianique $CH^3 - (CH^2)^3 - CO^2H$.

De la même manière l'octyne conduit à un alcool passant à 83° sous 19mm :

$n_{19}^{D} = 1,445$; $D_{19} = 0,871$; R. M. trouvée, 38,5 (théorie 38,66).

Donc l'oxyde de sélénium réagit sur les acétyléniques vrais suivant un processus différent de ceux qui avaient été signalés jusqu'ici : L'oxydation donne naissance à des alcools, non à des cétones.

On pourrait penser que ces alcools ne sont que des produits intermédiaires qu'une oxydation plus prolongée transformerait en cétones. Cette manière de voir n'est guère admissible parce que :

Le meilleur rendement en alcool acétylénique (27 pour 100) a été obtenu avec deux molécules d'acétylénique pour une de SeO^2. Mais, même en doublant la quantité d'oxyde et en prolongeant l'ébullition pendant 10 heures, il n'a pas été possible de mettre en évidence des quantités notables de cétone : Le rendement en alcool acétylénique s'abaisse à 10-15 pour 100, il passe des produits de tête [52° à 65° sous 18^{mm} dans le cas de l'heptyne] mais en quantité trop faible pour en permettre l'étude.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation de certains cristaux par l'hydrargillite. Particularité dans l'orientation de cristaux se déposant au contact de calcite maclée.* Note de M. **L. Royer**, transmise par M. Pierre Weiss.

1. L. Pauling [1] a fait remarquer que les dimensions de la base p (001) des cristaux pseudo-sénaires d'hydrargillite sont sensiblement les mêmes que celles de la tridymite. De plus, ces paramètres sont quasi identiques à ceux trouvés par Mauguin [2] pour les plans p (001) de la muscovite.

Cela étant, j'ai recherché si les cristaux qui sont orientés par un clivage de mica le sont également par la tridymite et l'hydrargillite.

On n'arrive à aucune conclusion avec la tridymite. En effet le clivage suivant p (001) dans ce minéral est trop peu distinct pour que l'on puisse réaliser une lame de clivage fraîche. Sur les faces p (001) naturelles, on n'observe aucune orientation.

Sur un échantillon d'hydrargillite de Slatoust dans l'Oural j'ai pu prélever des lames de clivage de quelque étendue.

Tous les minéraux [3] qui sont orientés par la muscovite le sont également par l'hydrargillite. Les lois qui régissent leurs orientations sur l'hydrargillite sont les mêmes que celles qui définissent leurs orientations sur la muscovite à condition de substituer à la rangée [100] de la muscovite la rangée [010] de l'hydrargillite.

2. Lorsque dans la calcite on produit la macle mécanique, toutes les propriétés de la partie retournée sont symétriques par rapport au plan b^1 (110) de celles de la partie restée intacte.

Cela est mis également en évidence dans l'orientation des cristaux par la calcite maclée.

---

(1) L. Pauling, *National Acad. Sciences of the U. S. A.*, 16, 1930, p. 123.
(2) Mauguin, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 288.
(3) L. Royer, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 620.

En effet, si après glissement on fait cristalliser du nitrate de sodium ou encore de l'hydroquinone sur une face de rhomboèdre $p(100)$ de calcite, on constate que sur la partie retournée l'orientation des cristaux déposés est différente, et symétrique par rapport à $b^1(110)$, de ce qu'elle est dans la partie intacte.

En produisant la macle, on a donc dans la partie retournée changé les directions du champ de forces qui existe à la surface du cristal et qui émane des centres matériels répartis suivant une certaine période.

MÉTÉORITES. — *L'origine des tectites.* Note de M. **L.-J. Spencer.**

M. A. Lacroix a donné, dans une monographie détaillée et admirablement illustrée (1), une discussion importante des hypothèses diverses suggérées pour expliquer l'origine de ces objets, d'interprétation compliquée. Il a développé une suggestion déjà présentée par M. H. Michel en (1925), à savoir que les tectites se sont formés dans l'atmosphère aux dépens de matériaux météoriques composés de silicium et de métaux légers (Al, Ca, K, Na). De tels matériaux, échauffés par le frottement de l'air, s'oxyderaient en produisant une température suffisante pour les fondre; un refroidissement rapide produirait ensuite un verre.

Bien qu'on ait beaucoup écrit sur les tectites, on a laissé échapper le fait que leurs matériaux sont de la silice vitreuse impure. La silice vitreuse pure a une densité de 2,20 et un indice de réfraction de 1,46. Pour les tectites, ces valeurs varient de 2,27 à 2,51 et de 1,48 à 1,52.

Or les « cendres » de la cité légendaire de Wabar, « détruite par le feu des cieux », découverte en 1932 par M. H. St. J. Philby (2) dans la Rub al Khali (Arabie) se composent d'une telle silice vitreuse. Le verre blanc vésiculaire contient SiO^2 92,88 pour 100 (densité, 2,10 et *n* 1468); le verre noir (analyse 4) manque presque entièrement de vésicules. On a trouvé en même temps des échantillons de fer météorique, et aussi une série de cratères qui ont dû se former sous l'influence d'une chute de grandes météorites. Lorsqu'une grande masse de fer, animée d'une vitesse planétaire, s'arrête subitement, l'énergie cinétique ($1/2\ mv^2$) se transforme en chaleur et produit une température très élevée. Les « bombes » de silice vitreuse qu'a trouvé M. Philby à Wabar suggèrent qu'il y avait eu formation d'un

(1) *Les tectites de l'Indochine* (*Arch. Mus. Nat. Hist.*, 8, 1932, p. 139).
(2) *Geogr. Journ.*, **81**, 1933, p. 12, 24.

lac de silice fondue et bouillante au milieu des sables du désert et que cette matière s'élançait des cratères au travers d'une atmosphère composée de vapeurs de silice, de fer et de nickel. Dans le groupe de cratères météoriques découvert près de Henbury dans l'Australie centrale en 1931 ([1]), on a trouvé aussi de la silice vitreuse, mais une quantité plus petite. Ici la roche est un grès ferrugineux, et le verre (analyse 5) résultant de sa fusion est noir et moins pur que le précédent.

Les « bombes » de silice vitreuse de Wabar et ceux de Henbury sont bien pareilles aux tectites, et surtout au verre de Darwin (Analyse 3) de Tasmanie, avec lequel on peut comparer quelques-uns d'entre eux quant à la forme et à l'aspect. Cette ressemblance m'avait frappé beaucoup, mais après avoir vu les représentations des tectites de l'Indochine données par M. A. Lacroix dans sa monographie je n'hésite plus à conclure que les tectites ne sont pas d'origine météorique, bien qu'elles se lient avec la chute des grandes météorites, et qu'elles résultent de la fonte de roches terrestres par la chaleur développée par ce phénomène.

La silice vitreuse et les tectites ne peuvent se former, naturellement, que dans des circonstances bien rares. La chute de très grandes météorites n'est pas un incident fréquent, heureusement. En outre, il faut que la roche terrestre du lieu où tombent les météorites soit de l'espèce convenable, telle que le grès ou les sables du désert. La composition des tectites indique qu'il y avait dans la roche un peu de feldspath, du mica ou de l'argile (analyse 6-8); et ces constituants additionnels ont donné sans doute à la matière fondue la viscosité lui permettant de prendre des formes particulaires en tournant dans l'air après avoir été lancée d'un cratère creusé par la chute de météore, grace à une explosion due à des gaz.

La silice vitreuse résiste bien à l'action chimique et thermale, et elle peut supporter les intempéries plus longtemps que la plupart des roches. C'est pourquoi les tectites subsistent dans les dépôts actuels, où leur surface a été sculptée par lente corrosion chimique. Les australites des déserts de l'Australie ne possèdent pas cette sculpture de la surface et ont des formes plus complètes. Elles paraissent ainsi être encore plus récentes. Une inspection par voie aérienne des régions où se trouvent les australites révélerait probablement la présence de cratères météoriques associés à de grandes masses du fer météorique. Dans les autres régions, toutes les traces des cratères ont dû être effacées par la dénudation, et le fer météorique, par oxydation.

([1]) A. R. Alderman, *Min. Mag.*, 23, 1932, p. 19.

1. Tectite de Smach, Cambodge (Raoult, *in* A. Lacroix, *op. cit.*, p. 192).

2. Moldavite, vert clair, de Lhenice, Bohême (R. Nováček, *Časopis Národního Musea Praha*, 106, 1932, p. 68).

3. Verre de Darwin, Tasmanie (E. Ludwig, *Rec. Geol. Surv. Tasmania*, 3, 1915, p. 9).

4. Verre noir de silice de cratères météoritiques à Wabar, Arabie (Analyse par M. H. Hey. Avec NiO, 0,35; CoO, traces; SrO, 0,01; P^2O^5, traces).

5. Verre noir de silice de cratères météoritiques à Henbury, Australie (Analyse par M. H. Hey. Avec NiO, 0,28; CoO et CuO, traces).

6. Grès houiller, Rhiston, Lancashire (Analyse par E. G. Radley, *Mem. Geol. Surv. Great. Britain Special Rep. Min. Res.*, 16, 1920, p. 21. Avec ZrO^2, 0,05; P^2O^5, 0,03; CO^2, 0,85).

7. Grès triasique, un peu argileux, de Heidelberg, Allemagne (H. Rosenbusch, *Elemente der Gesteinslehre*, 4e édition par A. Osann, 1922, p. 536).

8. Arkose-leptite de Loos, Suède (Analyse par J. Petrén, *in* W. Larsson, *Bull. Geol. Inst. Upsala*, 24, 1932, p. 140).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2	72,08	80,73	88,76	87,45	68,88	80,88	79,66	78,28
TiO^2	0,78	0,32	1,24	0,15	3,64	0,65	–	0,06
Al^2O^3	13,21	9,61	6,13	1,77	3,80	9,80	9,21	11,27
Fe^2O^3	0,37	–	–	0,28	8,46	2,36	3,57	–
FeO	4,47	1,93	1,24	5,77	7,92	–	0,08	1,79
MnO	0,13	0,07	traces	0,01	0,05	0,12	traces	–
MgO	1,92	1,59	0,58	0,60	2,03	0,31	0,67	0,22
CaO	2,42	2,13	0,17	1,90	2,51	0,20	0,10	0,62
Na^2O	1,61	0,37	0,13	0,39	0,03	0,38	0,22	2,96
K^2O	2,80	3,60	1,36	0,58	1,43	1,13	4,49	3,88
H^2O	0,26	0,02	–	0,12	0,08	3,28	1,84	0,15
	100,05	100,37	99,61	99,38	100,91	100,04	99,86	99,23
Densité	2,422	2,343	2,275	2,24	2,31	–	–	–
n	1,506	1,487	1,490	1,500	1,545			–

GÉOLOGIE. — *Sur la teneur moyenne de l'extraction des minerais de cuivre.* Note de M. F. Blondel, présentée par M. L. de Launay.

Il est évident que l'analyse des résultats de l'extraction des gisements minéraux est un moyen d'être renseigné sur leur composition. Nous nous proposons d'indiquer ici quelques premières conclusions qui paraissent se dégager de cette étude en ce qui concerne la teneur des gisements de cuivre.

I. Si l'on examine par exemple la production du cuivre extrait aux États-Unis, on constate que, pour près de la moitié de la production

(400 000 tonnes par an), les teneurs sont peu variables pendant une longue période. Ainsi, de 1912 à 1928, dans l'Utah (120 000 tonnes), la teneur a oscillé seulement entre 0,83 et 0,94 pour 100, chiffre maximum qui n'a été dépassé qu'en 1921-1922 où la teneur a atteint 1 pour 100.

II. Pour l'autre moitié de la production des États-Unis, on ne connaît pas les chiffres gisement par gisement, mais seulement pour des groupes de gisements d'un même Comté ou d'un même État. On constate alors dans le temps des variations de teneur qui sont de deux sortes :

a. De très rapides augmentations qui s'expliquent sans doute par la mise en exploitation, dans le même Comté ou État, de gisements nouveaux riches.

b. Une baisse continue et régulière qui est due à l'épuisement des zones riches de cémentation. Quand on peut étudier la variation de la teneur d'un même gisement sur un temps très long, on constate que l'on part de teneurs assez fortes au début et que ces teneurs, ensuite rapidement décroissantes, tendent vers une limite.

III. Il semble que l'on puisse conclure de l'étude précédente que, abstraction faite des variations dues aux phénomènes de cémentation, la plus grande partie du tonnage d'un gisement de cuivre reste en moyenne au voisinage d'une même teneur.

IV. *a.* Nos conclusions paraissent peu en accord avec certaines théories classiques qui supposent que la teneur des produits extraits peut être volontairement modifiée de manière à tenir compte de la variation des prix. Une analyse détaillée montre que cette influence n'est pas absolument nulle, mais qu'elle est à peine sensible.

b. Nos conclusions semblent d'ailleurs conformes aux idées généralement admises sur la genèse des gisements métallifères. Ceux-ci se présentent comme le résultat de phénomènes physico-chimiques, soumis principalement à la température et la pression qui dépendent elles-mêmes de la profondeur où se forme le gisement. Ces conditions imposent le type métallogénique du gisement, comme l'a montré depuis longtemps M. L. de Launay. Il est naturel d'admettre qu'elles imposent également la teneur moyenne.

GÉOLOGIE. — *Sur le raccord des dislocations de Punta pescadores avec celles de la chaîne calcaire du Rif.* Note de MM. **A. Marin** et **P. Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

Nous avons mentionné, en 1930 [1], que la chaîne calcaire du Rif semblait formée de plis autochtones, à peine déversés vers le Sud-Est, selon la transversale Fahç d'Adeldal-Jemis de Beni Selman. Alors que son pli le plus externe, l'anticlinal Dj. Lexcheb-Dj. Xerafat s'est ennoyé au Had de Beni Derkoul, le bord le plus externe de cette partie de la chaîne correspond au prolongement de l'anticlinal plus interne Cudia Talamsque-Dj. Agbrod.

En 1932, nous l'avons suivi jusqu'au Sud d'Afusan, où il se termine par diverses cassures et s'ennoie à son tour brutalement dans le Flysch. Plus à l'intérieur, la partie axiale de la chaîne autochtone se prolonge par une large zone dolomitique, qui, complétée de calcaires (du Lias?) et de Flysch, tend aussi à s'abaisser vers l'Est. Elle atteint l'Oued Buhia. Plus au Nord enfin, on aborde la zone paléozoïque interne. Celle-ci nous avait paru, au Nord-Ouest du Jemis de Beni Selman, s'appuyer à 45° contre le contrefort Nord-Est du Dj. Tazaot. On sait maintenant que, sur la transversale Tazaot-Xauen, ce Paléozoïque ou la série secondaire qui l'accompagne chevauche largement la zone calcaire vers l'extérieur de l'arc.

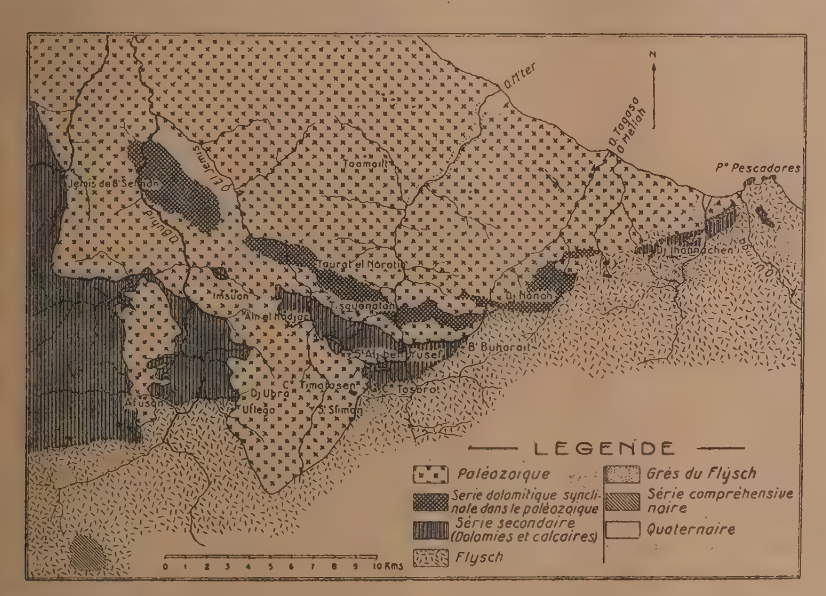
Nos récentes observations ont montré que ce chevauchement se poursuit vers l'Est. Il est manifeste dans l'éperon du Jemis. Vers Afusan, le Paléozoïque récent, accompagné de « calizas alabeadas », s'avance jusque très près du bord externe de la zone calcaire, où il repose sur le Flysch d'une dépression synclinale.

A partir de l'O. Buhia, le chevauchement s'accuse encore, sinon en ampleur, du moins en netteté. La chaîne calcaire, d'ailleurs rétrécie, coupée en cluse par le torrent, disparaît en tunnel sous le Paléozoïque chevauchant qui vient reposer par son front sur le Flysch périphérique. Le contact passe au Sud de Utlega, 2^{km} au Sud de Bab Ziat, remonte au Nord-Est et coupe obliquement l'O. Jemis pour passer dans le contrefort Nord de la Cudia Timatasen. A partir de la crête séparant l'O. el Jemis de l'O. M'ter, la zone calcaire réapparaît et les chevauchements qui l'avaient débordée plus à l'Ouest diminuent, de sorte que l'on retrouve, dès le pied

(1) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *B.S.G.F.*, 4e série, 30, 1930, p. 659-735.

de la Kudia Tanaroz et l'entrée amont de la cluse de l'O. M'ter, le contact à peu près normal de l'extérieur de la chaîne calcaire avec le Flysch périphérique.

Le chevauchement des schistes couleur de fumée sur la dolomie de Aïn el Hadjar, au-dessus de Tofraut, n'est pas seulement le fait d'un déversement comme nous l'avions supposé à distance en 1930 (*loc. cit.*), mais



cette dolomie apparait complètement recouverte par le Paléozoïque ancien dont le front est au Sud de Bab Ziat, c'est-à-dire à 4-5^{km} plus au Sud.

Des fenêtres, apparaissant dans l'O. Buhia et ses affluents, montrent que la largeur visible de la zone calcaire, rétrécie et abaissée, est ici de 8^{km}. L'ampleur mesurable du charriage est de 11^{km}.

Les accidents de cette chaîne calcaire restent sensiblement droits sous le Paléozoïque, comme plus à l'Est quand ils réapparaissent dans les Kudia Timargaden et Yama d'Asagar, à l'Ouest du M'ter.

A partir de Bab Ziat, l'ampleur apparente du chevauchement se réduit rapidement. Il reste net à Sidi Ali Ben Yusef, où le complexe paléozoïque repose dans le berceau d'un synclinal de dolomies dont le fond est coupé en cluse par l'Oued. Mais vers le Yama d'Asagar et le Dj. Nanoh, nous avons montré en 1931 qu'il n'apparaissait plus.

Les lambeaux du Dj. Ihannachen et du Sud-Est de Puerto Capaz

seraient à rapporter à une petite écaille jouant en réduction le même rôle que celle du Tazaot-Kelti.

La participation au chevauchement d'importantes masses paléozoïques dans le secteur étudié est à rapprocher de l'existence du Paléozoïque découvert dans les chevauchements des Boccoya par M. Blumenthal. Analogie d'éléments constitutifs et homologie de position permettent d'admettre que ces chevauchements des Boccoya ne sont autre chose que le prolongement de ceux des Beni Selman.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Quelques remarques concernant le séisme du 2 mars* 1933. Note de MM. **C.-E. Brazier** et **L. Génaux**, présentée par M. Ch. Maurain.

Le tremblement de terre qui vient de dévaster la partie nord-ouest de l'île de Nippon a été enregistré à l'Observatoire de l'Institut de Physique du Globe au Parc Saint-Maur, le 2 mars entre $17^h 43^m 39^s$ et 24^h.

Le début est extrêmement net sur les cinq diagrammes inscrits simultanément et les différentes phases sont facilement discernables. D'après le temps écoulé entre l'arrivée des premières ondes ($17^h 43^m 39^s$) et celle des secondes ($17^h 54^m 13^s$) la distance de l'épicentre, comptée sur le grand cercle joignant ce point à Paris était de 9450^{km}.

Les séismogrammes offrent beaucoup de ressemblances avec ceux qui ont été obtenus le 15 juin 1911 lors d'un tremblement de terre ressenti également au Japon et dont l'épicentre se trouvait dans la mer de Chine. On y remarque des premières et des secondes ondes beaucoup plus amples que celles que l'on enregistre d'habitude et des ondes longues dont la période atteint des durées inusitées. Les mouvements du sol que ces dernières ont causés dans la région parisienne ont atteint des valeurs exceptionnelles. Il est malheureusement impossible de préciser leurs amplitudes maxima, les styles du séismographe Wiechert ayant été désarticulés vers $18^h 17^m$, 19 minutes après l'arrivée des premières ondes longues, et ceux du séismographe Mainka ayant dépassé à plusieurs reprises les bords du papier.

Voici les résultats de quelques mesures effectuées sur les diagrammes du séismographe Wiechert dans la partie enregistrée correctement (1) :

(1) Les périodes sont exprimées en secondes et les amplitudes du déplacement du sol en microns.

Composante Nord-Sud.				Composante Est-Ouest.			
Phase.	Heure.	Période.	Amplit.	Phase.	Heure.	Période.	Amplit.
	h m s				h m s		
iP....	17.43.39	»	»	iP....	17.43.39	»	»
PR...	47. 0	»	»	»	»	»	»
» ...	»	»	»	PR...	47. 7	14	123
iS....	54.13	18	470	iS....	54.16	20	740
» ...	»	»	»	SR...	59.56	»	»
L.....	58. 0	»	»	L.....	18. 0. 0	»	»
» ...	»	»	»	M_1...	12–13^m	50	4400
M_1...	18.13–14^m	39	3600	M_2...	13–14^m	43	5100
M_2...	14–15^m	34	4600	» ...	»	»	»
M_3...	15–16^m	33	5500	» ...	»	»	»

Les amplitudes des déplacements du sol calculées d'après le séismographe Mainka dépassent notablement celles que contient le tableau précédent. Jusqu'à présent, la plus grande valeur mesurée était 4400$^\mu$ sur la composante Est-Ouest du séismographe Mainka le 14 avril 1924 (tremblement de terre des îles Mariannes). On voit qu'elle a été largement dépassée jeudi dernier.

Le tremblement de terre du 2 mars 1933 semble devoir se classer parmi les manifestations séismiques d'intensité exceptionnelle et, si l'on en juge d'après ce que nous venons d'exposer, c'est le plus violent qui se soit produit dans les parages de la mer de Chine et du Japon depuis plus de 23 ans.

Remarques sur la Communication précédente par M. **Ch. Maurain.**

L'amplitude des mouvements du sol enregistrés au Parc Saint-Maur lors du séisme du 2 mars 1933 dépasse, d'après les graphiques correspondant aux deux composantes, 6^{mm} et probablement 7^{mm}. C'est la plus grande amplitude qui ait jamais été observée dans la région parisienne pour des mouvements d'origine séismique. Il est intéressant que ces mouvements proviennent d'un séisme dont l'origine était à une grande distance de Paris. Ils correspondaient d'ailleurs à des ondes de longues périodes, 30 à 40 secondes, et de ce fait leur accélération n'était pas considérable. Les mouvements provenant de petits séismes locaux sont beaucoup plus rapides, et ont des accélérations assez fortes qui les rendent sensibles avec des amplitudes parfois très faibles.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les climats du domaine tropical français.*
Note de M. **Henry Hubert**.

Une étude d'ensemble des différents climats du domaine tropical français n'avait pas encore été abordée. La précision qu'elle comporte oblige à définir chacun de ces climats, non plus comme celui d'une région plus ou moins vaste, mais comme celui d'un point, d'un lieu déterminé et à dire que le climat est *pour ce lieu, l'état le plus habituel de l'atmosphère, celle-ci étant considérée à une faible distance du sol et au cours des différentes périodes de l'année*. Il va de soi qu'une fois décrit le climat d'un lieu, rien n'empêche d'étendre la description à l'ensemble d'une région, en faisant ressortir les différences, progressives ou brutales, observées à partir de ce lieu.

Les chiffres ne suffisent plus pour caractériser un climat conformément à la définition donnée plus haut. Il faut recourir à des graphiques, chacun d'eux traduisant l'allure des variations des différents éléments météorologiques au cours de l'année et constituant ainsi, pour chaque localité, une sorte de fiche signalétique du climat.

De telles fiches, se rapportant à toutes les stations tropicales de nos colonies (200 séries de fiches environ), ont été établies, en utilisant soit les moyennes, soit la plus grande fréquence graphique [1]. Comme ces fiches sont toutes sur le même modèle, avec des échelles identiques pour les mêmes éléments météorologiques, elles mettent automatiquement en évidence des analogies ou des oppositions marquées. Elles montrent une fois de plus que les deux éléments du climat dans les régions tropicales sont la température et la pluviosité, et que, si cette dernière a souvent localement une importance physique plus grande, elle ne comporte pas toujours une précision suffisante pour permettre des différenciations de climat un peu fines dans les territoires de grande superficie. On réalise au contraire aisément ces différenciations en utilisant les courbes de température (position des points d'inflexion, amplitudes, pentes, etc.).

A titre d'exemple, je donne ici les grandes divisions d'un classement général des climats coloniaux, par unités géographiques, classement pour lequel je me suis astreint à n'utiliser que les positions et les valeurs des

---

[1] *Nouvelles études sur la météorologie de l'A. O. F.*, Paris, 1926.

Températures maxima (1).				Températures minima (1).					
Premier point		Deuxième point		Premier point		Deuxième point			
élevé.	bas.	élevé.	bas.	élevé.	bas.	élevé.	bas.	Localité-type.	Région ou pays.
				Afrique continentale.					
MARS	*Juillet*	Nov.	Déc.	MARS	*Juillet*	Nov.	Déc.	Brazzaville	Moyen-Congo
MARS	*Août*			MARS	Janv.	Nov.	*Août*	Grand-Bassam	Basse Côte d'Ivoire
MARS	Janv.	Nov.	*Août*	MARS	Janv.	Nov.	*Août*	Bouaké	Baoulé
MARS	Janv.	Nov.	*Août*	MARS	*Janv.*	Nov.	Août	Korhogo	Soudan méridional
AVRIL	Janv.	Nov.	*Août*	MAI	*Janv.*	Octob.	Août	Ouagadougou	Soudan septentrional
SEPT.	*Mars*			SEPT.	*Fév.*			Dakar	Cap Vert
MAI	*Janv.*	Octob.	Août	JUIN	*Janv.*	Sept.	Août	Nioro	Sahel soudanais
JUIN	*Janv.*	Sept.	Août	JUILLET	*Janv.*			Araôuan	Azaouad
JUILLET	*Janv.*			JUILLET	*Janv.*			Taodéni	Sahara
				Indochine.					
AVRIL	Juillet	Août	*Déc.*	AVRIL	Juillet	Sept.	*Déc.*	Saïgon	Cochinchine
AVRIL	*Janv.*	Sept.	Juillet	JUIN	*Fév.*	Août	Juillet	Dalat	Lang-Biang
JUIN	*Déc.*			AOUT	*Janv.*			Hué	Annam
JUILLET	*Fév.*			JUILLET	*Janv.*			Hanoï	Tonkin
AVRIL	Juillet	Sept.	*Déc.*	JUIN	*Janv.*			Luang-Prabang	Laos
Mai	*Janv.*	JUILLET	Juin	JUILLET	*Janv.*			Chapa	Fan Si Pan
				Madagascar.					
Avril	Fév.	DÉCEMB.	*Août*	Mars	Janv.	DÉCEMB.	*Juillet*	Diégo-Suarez	Cap d'Ambre
Févr.	Janv.	DÉCEMB.	*Juillet*	MARS	Janv.	Déc.	*Juillet*	Helville	Nosy-Bé
AVRIL	Fév.	Nov.	*Juin*	AVRIL	Fév.	Nov.	*Juillet*	Majunga	Côte Nord-Ouest
DÉCEMB.	*Août*			FÉVRIER	*Août*			Sainte-Marie	Côte Est
NOV.	*Juillet*			FÉVRIER	*Août*			Tananarive	Imérina
JANVIER	*Août*			JANVIER	*Août*			Tuléar	Sud-Ouest
				Colonies diverses.					
Mars	*Janv.*	SEPT.	Mai	AVRIL	Janv.	Déc.	*Juin*	Cayenne	Guyane
Mai	*Janv.*	SEPT.	Juin	JUILLET	*Janv.*			Fort-de-France	Martinique
MARS	Janv.	Octob.	*Juillet*	MARS	Janv.	Déc.	*Juillet*	Papeete	Tahiti
JANVIER	*Juillet*			JANVIER	*Août*			Pointe des Galets	Réunion
FÉVRIER	*Août*			FÉVRIER	*Août*			Nouméa	Nouvelle-Calédonie

(1) Les mois écrits en CAPITALES sont ceux où les courbes sont à leur point le plus haut, les mois écrits en *italiques* sont ceux où les courbes sont à leur point le plus bas.

points d'inflexion des courbes des températures. Il correspond, dans l'ensemble, aux divisions déjà connues, mais il est beaucoup plus précis et a été réalisé d'une façon objective, à l'aide d'un seul type d'éléments. Naturellement les autres éléments des graphiques permettent d'introduire des divisions secondaires.

PALÉONTOLOGIE. — *Présence de Radiolaires du groupe des Phæodaria dans le Carbonifère inférieur de Pologne.* Note de M. **Zb. Sujkowski**, présentée par M. L. Cayeux.

Les Radiolaires fossiles inclus dans les nodules phosphatés des montagnes de Sainte-Croix, en Pologne, sont exceptionnellement bien conservés. Les nodules apparaissent à la base du Carbonifère, dans la série des schistes et lydiennes. Il est possible d'isoler les Radiolaires de leur gangue à l'aide de l'acide azotique, grâce à la composition chimique différente du squelette des Radiolaires et du ciment : les premiers sont fossilisés par de la silice, alors que la gangue est en phosphate de chaux.

Parmi les nombreux genres et espèces de Radiolaires, ainsi mis en liberté, on reconnaît des formes qui n'appartiennent ni aux *Spumellaria*, ni aux *Nassellaria*. Ce sont des Radiolaires à test continu, non treillissé, composé d'aiguilles cimentées par une matière en partie siliceuse. Les coquilles sont ornées d'épines, pourvues d'un canal axial, à l'exemple des spicules d'Éponges, et presque toujours arquées. Parmi les Radiolaires vivants, ces deux particularités de structure de la coquille sont connues uniquement dans le groupe des *Phæodaria*, sous-groupe *Phæogromia*.

Les formes observées sont encore apparentées à ce groupe par la symétrie bilatérale du squelette, et par l'existence d'une grande ouverture buccale, à la partie orale du test, souvent accompagnée par des ouvertures latérales. Par les caractères du test et des épines, elles ont de grandes affinités surtout avec les représentants des familles des *Circoporida* et *Tuscaporida*. Leur forme extérieure les rapproche surtout des *Challengerida* (du même sous-groupe). Mais elles se distinguent de ces familles par des sillons obliques inconnus chez les formes vivantes.

Il est probable qu'il faut rattacher ces Radiolaires au groupe des *Phæodaria*, sous-groupe des *Phæogromia*, en tant que nouvelle famille, pour le moment représentée par deux genres, comportant l'un et l'autre plus d'une espèce.

On peut facilement reconnaître deux types différents, considérés comme des genres distincts. Le premier type revêt la forme d'un cône très allongé, quelquefois orné d'épines autour de l'ouverture (partie basale) de la coquille. Il existe parfois sur tout le test des épines secondaires très petites. La surface du cône est creusée de sillons obliques par rapport à l'allongement de la coquille, et porte quelquefois de petites granulations. Le second type est plus compliqué. Il affecte la forme d'un casque aplati latéralement. La surface en est également creusée de sillons obliques par rapport à l'allongement du squelette. La bouche, ainsi que les ouvertures latérales, est entourée de nombreuses épines canaliculées qui restent presque toujours dans le plan de symétrie. Les épines, toutes arquées, sont groupées au sommet et autour de la bouche; les deux plus rapprochées de celle-ci se réunissent pour l'entourer d'une sorte d'arc. Il n'est pas rare qu'on puisse distinguer des granulations ou des petites ouvertures perforant la surface des épines.

Jusqu'à présent les Radiolaires du groupe des *Phæodaria* n'avaient jamais été rencontrés dans les dépôts antétertiaires.

CRYPTOGAMIE. — *Les radiations sexuelles chez les champignons*. Note de MM. **René Vandendries** et **Harold J. Brodie**, présentée par M. L. Mangin.

Trente spores de *Lenzites betulina* furent isolées et mises à germer dans des tubes contenant un milieu nutritif à l'agar. Nous avons obtenu de cette façon trente mycéliums monosporiques haploïdes sans anses d'anastomose, indéfiniment stériles.

En confrontant, deux à deux, dans toutes les combinaisons possibles, des prélèvements de nos trente haplontes, nous avons pu vérifier au microscope que la sporée de *Lenzites betulina* est *tétrapolaire*, c'est-à-dire qu'elle renferme quatre groupes de spores donnant des mycéliums sexuellement différenciés par leur aptitude à se conjuguer entre eux.

Suivant l'hypothèse de Kniep, généralement admise, il existe dans le noyau de la basidie quatre groupes sexuels, logés dans des chromosomes différents. Lors de la ségrégation des sexes, au cours des cinèses réductionnelles, la répartition de ces facteurs, désignés par a, b, a', b', est soumise aux lois suivantes :

1° Chacune de ces quatre spores reçoit deux de ces facteurs.

2° Cette répartition obéit à une condition d'allélomorphisme inéluctable, en ce sens que dans une même spore ne peuvent jamais coexister deux facteurs désignés par les mêmes lettres. Sont donc impossibles les constitutions factorielles aa', bb'.

Par contre, se présentent dans les noyaux des spores et dans les mycéliums issus des spores, les quatre paires de facteurs ab, $a'b'$, $a'b$, ab'.

3° Pourront se conjuguer entre eux pour donner un mycélium diploïde avec anses d'anastomose et produire éventuellement des carpophores normaux, les mycéliums capables par leur union de rétablir la culture diploïde originelle, de constitution $aba'b'$, qui donna naissance au carpophore. Sont donc possibles et se produisent en réalité, dans les confrontations entre haplontes, les copulations répondant aux formules suivantes : $ab \times a'b'$, $a'b \times ab'$, à l'exclusion de toutes les autres combinaisons, qui restent stériles.

De nombreuses analyses de sporées ont donné une démonstration mathémathique de ces lois et prouvé que la répartition des facteurs sexuels $aba'b'$, est soumises aux lois de Mendel : il existe dans une même sporée 25 pour 100 de spores ab, 25 pour 100 de spores $a'b'$, 25 pour 100 de spores $a'b$ et 25 pour 100 de spores ab'.

Au cours de notre analyse, nous fûmes témoins d'un fait remarquable, déjà signalé par l'un de nous chez *Pleurotus columbinus*. En confrontant nos haplontes, nous avons constaté que certaines combinaisons stériles présentaient le phénomène du *barrage sexuel*. Les deux prélèvements mycéliens implantés dans le tube en face l'un de l'autre, à une distance d'environ 15^{mm}, se développent à la surface de l'agar, croissent l'un vers l'autre, mais s'arrêtent à une distance déterminée et laissent entre eux un sillon que ni l'un ni l'autre des deux partenaires ne parvint à franchir. C'est ce phénomène que nous avons appelé *barrage sexuel*. Il résulte de notre analyse que ce phénomène est lié à la présence, dans les haplontes confrontés, des facteurs mendélisants b et b', respectivement associés soit au facteur a, soit au facteur a'. Toutes nos cultures répondant aux combinaisons $ab \times ab'$ et $a'b \times a'b'$ ont produit un barrage bien net, à l'exclusion de toutes les autres cultures stériles, où les deux individus confrontés ont poussé l'un dans l'autre, recouvrant toute la surface de l'agar mise à leur disposition.

La largeur des barrages obtenus chez *Lenzites betulina*, largeur qui atteint une valeur moyenne de $3^{mm},5$, nous a donné l'occasion d'entreprendre de ces barrages une étude expérimentale et d'en déterminer la nature.

Le barrage sexuel, dû à une répulsion réciproque des hyphes confrontés, se manifeste plus vivement entre rameaux aériens qu'entre hyphes plongés dans le substratum. L'emploi de cloisons étanches et non étanches placées entre les individus confrontés nous a permis de prouver que cette répulsion n'est pas due à une action chimique, qu'elle se manifeste à travers de minces cloisons de verre, de mica, de celluloïde, d'argent, entre individus isolés l'un de l'autre, de façon à interdire toute interaction chimique.

Toute manifestation de barrage est empêchée par des lamelles d'aluminium, d'étain, de cuivre, de platine et de plomb. Nous concluons de là que, seule l'existence de radiations peut expliquer les phénomènes observés.

Ces radiations diffèrent de celles de *Gurwitsch* : elles traversent diverses substances et même des métaux sous faible épaisseur, elles provoquent des phénomènes de courbure non liés à l'activité cinétique des noyaux et elles sont exclusivement associées aux facteurs sexuels b et b', dont l'action ne peut avoir d'influence que sur des individus répondant, par leur constitution factorielle, aux conditions énoncées précédemment.

ANATOMIE. — *Les yeux et la vision de* Cerastes vipera *Wagl. et de* Vipera aspis *L.* Note de M[lle] **M. L. Verrier**, présentée par M. Bouvier.

Dans une rétine normale de Vertébré, les régions voisines de l'*ora serrata*, mises à part, les cellules visuelles d'une même sorte, qu'il s'agisse de cônes ou de bâtonnets, demeurent en tous points sensiblement comparables entre elles, quant à leur forme et leurs dimensions. Aux abords de l'*ora serrata* seulement les cellules visuelles, tout en conservant la forme qu'elles offrent dans les autres parties de la rétine, diminuent progressivement de taille.

Dans la rétine de *Cerastes vipera* et de *Vipera aspis*, les cellules visuelles, uniquement représentées par des cellules qui, morphologiquement sont des cellules à cônes, font exception à cette règle générale. Ce fait, non signalé dans les travaux les plus récents sur la vision des Reptiles, mérite une étude toute spéciale, non seulement à cause des conséquences que l'on peut entrevoir, quant aux possibilités visuelles des espèces étudiées, mais encore à cause des hypothèses qu'il suggère sur la physiologie des éléments récepteurs de la rétine.

Chez *Cerastes vipera* coexistent, uniformément répartis, en tous les points

de la rétine, deux sortes de cônes. Les uns, longs et volumineux (hauteur totale : 55μ), les autres, courts et minces (hauteur totale : 18 à 20μ). Les cônes longs se caractérisent par un segment externe fin et conique, dont la hauteur ne dépasse pas 10μ environ, un segment interne globuleux ou sensiblement tronconique. Ce segment, fortement éosinophile, est séparé du précédent, à peine colorable, par un mince disque clair. Un segment myoïde long et fin, également peu colorable, le réunit au noyau, arrondi ou piriforme et toujours très granuleux. Les cônes courts possèdent un segment externe, dont la forme, les dimensions et les affinités tinctoriales rappellent celles du segment externe des cônes longs; par contre, les segments internes sont réduits et de forme à peu près cylindrique. Toujours très éosinophiles, ils sont surmontés par une goutte huileuse. Le myoïde est réduit, à tel point que segments internes et noyaux paraissent presque en contact. Ces noyaux rappellent de façon frappante ceux des cônes longs. Ainsi cônes longs et cônes courts diffèrent par les dimensions du segment interne et du myoïde, par l'existence de gouttes huileuses chez les seconds seulement. Ces deux sortes de cônes alternent à peu près régulièrement; tout au plus, peut-on rencontrer deux cônes courts pour un seul cône long. Au voisinage de l'*ora serrata*, chaque sorte d'élément diminue progressivement de taille, comme cela s'observe dans toute rétine.

Les autres parties de la rétine sont comparables à celles de la rétine des Ophidiens en général : franges pigmentaires courtes et assez peu chargées en mélanine, couches plexiformes bien représentées, couche granuleuse interne à cinq ou six assises, cellules ganglionnaires en un rang unique et serré, aucune trace de fovea, mais seulement une area peu marquée.

Les autres membranes oculaires, choroïde mince et très pigmentée, sclérotique fibreuse, rappellent de près celles des yeux de la majorité des Ophidiens. Même remarque peut être faite en ce qui concerne l'appareil dioptrique, et, les caractères de l'œil de *Cerastes vipera* sont, à part les dimensions respectives des éléments, ceux de l'œil de *Vipera aspis*. Ainsi, la rétine de ces deux Vipères doit recevoir des excitations comparables à celles que reçoit la rétine des Couleuvres, mais ces excitations sont reçues par une rétine très sensiblement différente. Quel peut être alors le résultat de ces excitations ? On sait l'importance attribuée au diamètre des cellules visuelles dans le pouvoir séparateur de la rétine. Si, cônes courts et cônes longs reçoivent les mêmes excitations, celles-ci interfèrent sans doute et donnent une image visuelle confuse; on est alors conduit à supposer un

mode de réaction différent pour ces deux sortes d'éléments, hypothèse que renforce l'existence de gouttes huileuses dans les cônes courts seulement.

Il convient aussi de noter l'existence exclusive de cônes chez des espèces à activité crépusculaire, sinon nocturne. Or, de nombreux auteurs considèrent les cônes comme les organes de la vision diurne, le cas des Vipères est une exception nette à cette hypothèse et s'ajoute aux nombreux autres cas semblables, choisis dans toute la série des Vertébrés, que j'ai énumérés dans une Note antérieure (¹).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le phosphore et la mue des Crustacés.* Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. L. Joubin.

Dans une précédente Note, nous avons montré les mutations des substances réductrices (glucose) effectuées par les crustacés du type *Maïa*, à l'époque de la mue.

Essayant de poursuivre une étude du métabolisme de cet animal aux différentes périodes de son évolution, nous avons dosé le phosphore sous trois formes :

1° Phosphore minéral acidosoluble ;
2° Phosphore organique ;
3° Phosphore total.

Pour que ces résultats soient comparables à ceux de la glycémie, nous nous sommes adressée aux mêmes époques d'évolution de l'animal.

1° Jeunes immatures ;
2° Jeunes avant la mue ;
3° Jeunes venant de muer ;
4° Jeunes ayant mué depuis plusieurs jours ;
5° Adultes.

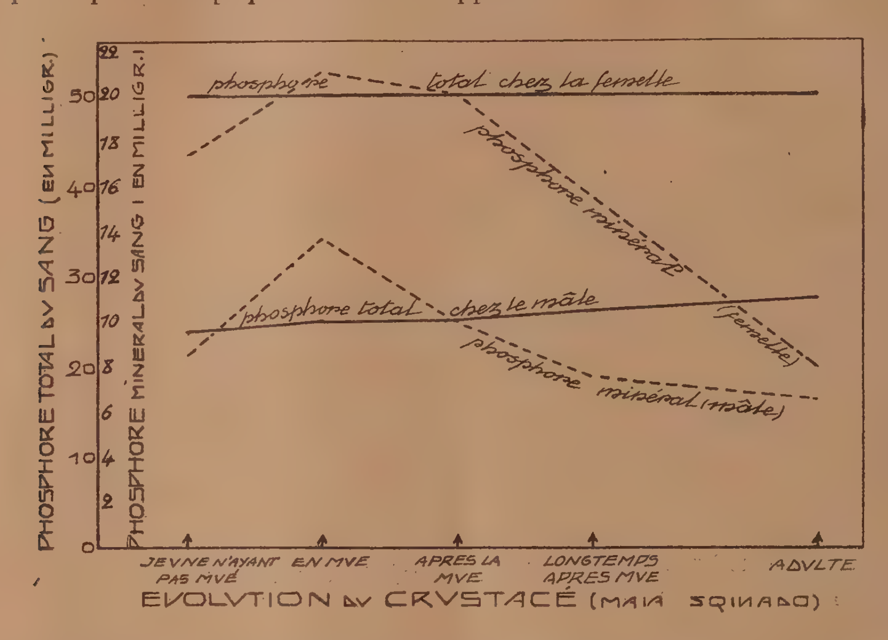
Nous avons exprimé dans les courbes ci-après l'essentiel de nos résultats.

Les dosages ont été effectués par la méthode de Brigg's, sur le sang obtenu par rupture d'une patte, et après défécation à l'acide trichloracétique.

(¹) M. L. Verrier, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1333.

Après l'examen de ces courbes on peut constater un double phénomène intéressant :

1° La constance de la teneur en phosphore total des animaux étudiés, quelle que soit l'époque de leur développement.



2° Une quantité de phosphore total, double dans le sang des femelles, par rapport aux mâles.

3° Une diminution très nette du phosphore minéral après la mue de l'animal au profit du phosphore organique, qui chez les adultes arrive à représenter 84 pour 100 du phosphore total.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action des rayons X sur la métamorphose des Insectes*. Note de Mme **Hufnagel** et M. **Marcel Joly**, présentée par M. F. Mesnil.

L'action des rayons X sur la métamorphose des Insectes n'étant pas connue jusqu'à présent, nous nous sommes attachés à ce problème. Nous avons utilisé pour nos expériences des larves de la Mouche bleue, *Calliphora*

erythrocephala (Meigen), complètement évoluées et ayant cessé de se nourrir. Ces larves réparties dans des boîtes de Petri, placées sur des blocs de paraffine, étaient exposées aux radiations. Elles ont pu se transformer en pupes dans les proportions suivantes :

Pupes.	Après la dose de	EE.	DF.	Temps d'irradiation.	
	R	cm	cm		
21 pour 100......	20000	40	34	5 heures	sans filtre
19 »	34000	40	26	»	»
13 »	86000	40	23	»	»

Les témoins se sont transformés dans la proportion de 40 pour 100; la nymphose a duré 16 à 17 jours.

Chez les animaux d'expérience, nous avons pu observer quelques pupes paraissant encore vivantes le 21e jour.

Nos pupes irradiées (*fig.* 3) montrent une tête bien constituée, munie d'yeux à facettes, des antennes, des pièces buccales, des pattes, des ailes. (La dévagination de ces organes essentiellement imaginaux s'effectuait le 2e et le 3e jour après l'irradiation.) La cuticule est parfaitement formée et la pigmentation, qui apparaît le 17e jour, se voit distinctement. La pupe présente donc au point de vue de sa configuration externe un aspect normal. Il n'en est pas de même en ce qui concerne la structure intime des organes.

Étude microscopique. — L'*hypoderme* du corps, au lieu d'être formé par de petites cellules imaginales (*fig.* 5 A), est constitué par de gros éléments larvaires (*fig.* 5 B). On peut supposer que l'irradiation ayant empêché le développement de l'épithélium imaginal, celui-ci n'a pas pu se substituer à l'ancien hypoderme qui est resté en place. Corrélativement on constate l'absence totale des soies de l'hypoderme.

Les *muscles* imaginaux tels que les muscles du vol (*fig.* 1 M), les muscles des pattes (M′), font défaut (cf. *fig.* 1 et 2). Nous trouvons par contre encore présents et accrus les muscles larvaires (*fig.* 2 *m*) qui habituellement servent d'échafaudage aux futurs muscles du vol. Les myoblastes imaginaux manquent totalement.

Le *tissu adipeux* imaginal est absent. En revanche le tissu adipeux larvaire qui généralement disparaît presque en entier sous la pression des fibres néoformées, persiste et occupe la place de muscles du vol non développés (cf. *fig.* 1 et 2),

Les *trachéoles* imaginales n'existent pas. On retrouve au contraire les deux gros troncs longitudinaux (*fig.* 1 et 2 *t*) qui n'ont pas été remaniés et ont conservé leur sructure larvaire (*fig.* 4 A et B).

Les *glandes salivaires* de la larve dégénèrent et deviennent la proie des phagocytes. Les glandes de néoformation (*fig.* 1 *s*) manquent entièrement.

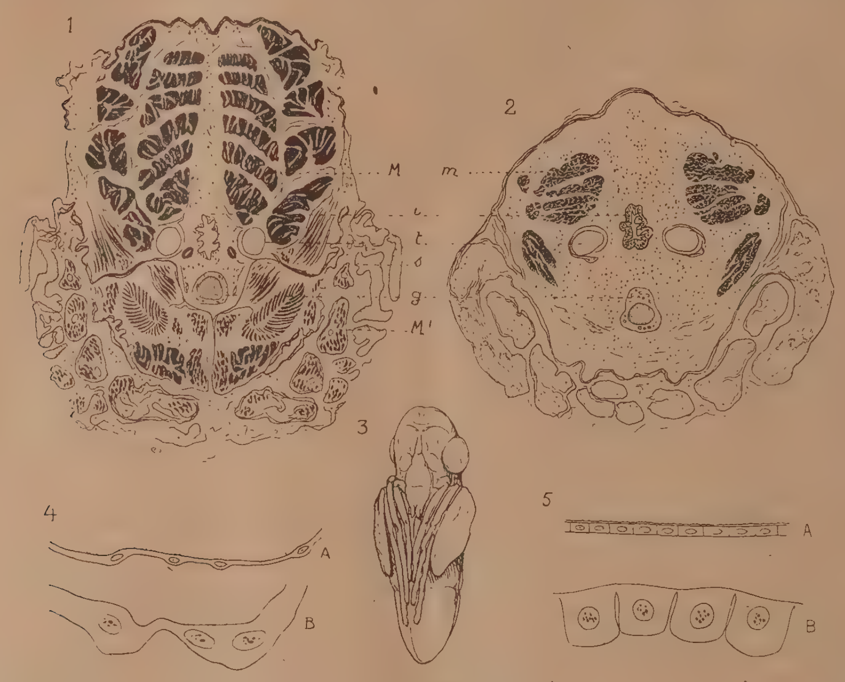


Fig. 1. Coupe transversale du mésothorax d'une pupe normale de 17 jours, × 23. — Fig. 2. Coupe transversale du mésothorax d'une pupe irradiée de 17 jours. — Fig. 3. Pupe adulte irradiée, × 5. — Fig. 4. Cellules trachéales chez la pupe A normale, B irradiée, × 385. — Fig. 5. Cellules hypodermiques chez la pupe A normale, B irradiée, × 210.

Le *jabot* larvaire persiste.

La *valvule œsophagienne* manque.

Les *papilles rectales* font défaut.

La musculature de l'*intestin moyen* a gardé son aspect larvaire.

Observons toutefois que le système nerveux, ayant suivi la capsule céphalique dans sa dévagination, présente une disposition imaginale. Notons encore la différenciation caractéristique de quelques muscles et l'apparition d'une bordure en brosse dans les cellules des tubes de Malpighi et dans celles de l'intestin moyen.

En résumé, la larve irradiée se transforme en pupe présentant la forme générale extérieure d'une nymphe normale; sa structure intime a subi des modifications considérables.

Ces modifications consistent dans : 1° la *persistance des organes larvaires* qui devraient normalement disparaître et laisser la place aux organes néoformés; 2° l'*absence des organes néoformés* qui normalement s'édifient aux dépens des cellules imaginales.

Il est probable que *l'action des rayons X ayant empêché la prolifération caryocinétique des cellules imaginales a en même temps arrêté l'histogénèse des organes correspondants.*

Il en résulte que la nymphe irradiée ayant conservé différents organes larvaires et manquant des organes essentiellement imaginaux, survit et évolue à sa manière jusqu'au moment où, ne pouvant rompre sa coque durcie, elle est condamnée à mourir sur place.

MÉDECINE. — *Sur la teinture d'iode et l'asepsie.*

Note de M. **Robert Sorel**, présentée par M. Charles Nicolle.

En 1908, Grossich de Trieste, a préconisé le large badigeonnage à la teinture d'iode du champ opératoire, sans autre précaution. Cette méthode s'est rapidement répandue.

En 1912, j'ai entrepris des expériences dans le laboratoire de Ronchèse, à Nice, pour vérifier la valeur de ce procédé. Un ensemencement avec un fil de platine, passé sur la peau badigeonnée à la teinture d'iode, était pratiqué soit sur des tubes de bouillon, soit sur des boîtes de Petri. Portés à l'étuve, ces boîtes ou ces tubes restaient stériles. L'emploi de la teinture d'iode, pour de très courtes opérations, est donc justifié.

Mais, 20 minutes après le badigeonnage, les ensemencements cultivaient sur les boîtes et dans les tubes. J'en ai conclu que, pour les longues opérations, la teinture d'iode était illusoire. Ces expériences ont été répétées un grand nombre de fois.

J'ai pensé que la teinture d'iode agissait comme un vernis qui se fendillait par les manipulations, souvent répétées dans les longues opérations, et laissait passer alors les microbes. Pour vérifier cette hypothèse, j'ai employé très souvent un vernis préparé par Zimmermann, plus solide que la teinture d'iode et ne contenant aucun antiseptique. Les plaies, même souillées, recouvertes de ce vernis, guérissaient sans complications et des

opérations aseptiques, dont la ligne d'incision était vernissée, guérissaient par première intention. A la suite de ces multiples expériences, je me crois en droit de conclure qu'un vernis, sans qualité antiseptique, remplit le même office que la teinture d'iode et, comme cette dernière, produit souvent de la vésication ou de l'irritation de la peau, qu'il y aurait avantage à la supprimer.

La croyance à la stérilisation des plaies par la teinture d'iode a été cruellement démontrée erronée au début de la guerre. Par ordre, les plaies étaient badigeonnées à la teinture d'iode, revêtues du pansement individuel et les blessés étaient renvoyés à l'arrière où ils arrivaient avec de la gangrène ou de la pourriture d'hôpital. J'en ai vu mourir un grand nombre. On se demande comment, après ces tristes résultats, la teinture d'iode a pu garder son prestige.

Il restait à constater si les opérations, pratiquées sans badigeonnage ni lavage préalable, guérissaient par première intention. Les malades, propres, ayant pris un bain, étaient placés sur la table d'opérations et recouverts de linges stérilisés à l'autoclave. Le chirurgien passe sur la ligne d'incision une compresse imbibée de savon stérile, et essuie ce tracé avec une compresse stérilisée sèche. Il opère et, la suture terminée, il nettoie les traces de sang avec une compresse, imbibée de savon stérile. Il fixe sur la plaie une compresse stérile. Dans ce cas, on n'a employé à aucun moment un liquide antiseptique. Les réunions primitives sont, comme elles l'étaient avant l'introduction de la teinture d'iode, très fréquentes et plus nettes qu'après le badigeonnage. J'ai employé ce procédé pendant plus de 10 ans.

Il faut donc conclure de toutes ces expériences que le retour à la chirurgie aseptique pure est désirable.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE FÉVRIER 1933.

Expériences sur la culture en montagne de la pomme de terre, par J. COSTANTIN, P. LEBARD et J. MAGROU. Extrait des *Annales des sciences naturelles*, 10e série, tome XIV, 1932. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. 24cm,5.

L'origine des premières flores terrestres. Publications reçues en 1932, par J. COSTANTIN. Extrait des *Annales des sciences naturelles*, 10e série, tome XIV, 1932. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. 24cm,5.

Sélection pratique de la pomme de terre en plaine et en montagne en vue de combattre la dégénérescence, par J. COSTANTIN. Conférence faite le 20 octobre 1932, à Paris; 1 fasc. 24cm.

Histoire des sciences. L'ancêtre de l'homme d'après les anciens, par J. COSTANTIN. Extrait de la *Revue scientifique*, 5e série, tome V, nos 1, 2, Paris. *Revue scientifique*, 1906; 2 fasc. 26cm,5.

Les certificats phytopathologiques en agriculture, par J. COSTANTIN. Extrait du *Procès-verbal* de la séance du 9 novembre 1932 de l'*Académie d'agriculture de France*. Alençon, Imprimerie Alençonnaise; 1 fasc. 21cm.

Les curieux cas de variétés mosaïques à 100 *pour* 100, par J. COSTANTIN. Extrait du *Procès-verbal* de la séance du 21 décembre 1932 de l'*Académie d'agriculture de France*. Alençon, Imprimerie Alençonnaise; 1 fasc. 21cm.

Faune du Centre. Les Microzoaires ou Infusoires proprement dits, par l'Abbé E. DUMAS. Moulins, « Les Imprimeries réunies », 1929, 1930; 2 vol. 22cm.

Essai sur le développement de la théorie des fonctions de variables complexes, par GASTON JULIA. Conférence faite le mardi 6 septembre 1932 au Congrès international de mathématiques à Zurich. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 19cm,5.

La météorite (diogénite) de Tatouine, Tunisie (27 juin 1931), par A. LACROIX. Extrait du *Bulletin de la Société française de minéralogie*, t. 55, p. 101, nos 3, 4, 5, 6. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 fasc. 21cm.

Les Zoocécidies des plantes de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale, par C. HOUARD. Paris, Librairie scientifique Hermann et Cie, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Tables de fonctions sphériques et de leurs intégrales pour calculer les coefficients du développement en série de Polynomes de Laplace d'une fonction de deux variables indépendantes, par GEORGES PRÉVOST. Préface de M. Marcel Brillouin. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 28cm,5.

Nos Colonies, par A. MEUNIER. Paris, Imprimerie Dufrénoy, 1933. 1 Carte en couleurs, $1^m,825 \times 0^m,825$.

Un amateur, Peiresc, 1580-1637, par PIERRE HUMBERT. Paris, Desclée de Brouwer et Cie, 1933; 1 vol. $20^{cm},5$.

Oscillations d'un liquide pesant dans un bassin cylindrique en rotation, par MARCEL BRILLOUIN et JEAN COULOMB. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. $25^{cm},5$.

Annales Hydrographiques. Recueil de documents et mémoires relatifs à l'Hydrographie et à la navigation, 3e série, t. XI, vol. 1931-1932. Paris, Imprimerie Nationale, 1932; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. E. Fichot.)

Contribution à l'étude de la différenciation des dents jugales chez les Mammifères. Essai d'une théorie de la dentition, par MADELEINE FRIANT. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Ch. Jacob.)

Travaux de la station biologique de Roscoff, publiés par CHARLES PÉREZ. Fasc. 10, 1er décembre 1932; Paris, les Presses universitaires de France, 1932; 1 vol. 26^{cm}. (Présenté par M. Mesnil.)

Mémorial du cinquantenaire de l'Institut Mianowski, 1881-1931. Warszawa, Kasa Imienia Mianowskiego. Instytut Popierania Nauki, 1932; 1 vol. $23^{cm},5$.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par ALBERT Ier, prince souverain de Monaco. Fasc. LXXXVI. *Poissons provenant des campagnes du prince Albert Ier de Monaco*, par LOUIS ROULE et FERNAND ANGEL. Imprimerie de Monaco, 1933; 1 vol. 36^{cm}.